



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Propuesta Didáctica para la Enseñanza de Óptica Geométrica, tomando como modelo pedagógico el Constructivismo

Eberth Espitia Suárez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá D.C., Colombia
2016

Propuesta Didáctica para la Enseñanza de Óptica Geométrica, tomando como modelo pedagógico el Constructivismo

Eberth Espitia Suárez
Código 01186956

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:
Dr. Giovanni Pinzón Estrada

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá D.C., Colombia
2016

*“Bien sé que soy mortal, una criatura de un día.
Pero mi mente sigue los serpenteantes caminos
de las estrellas. Entonces mis pies ya no pisan
la tierra, sino que al lado de Zeus mismo me
lleno con ambrosía, el divino manjar”.*

Ptolomeo

Agradecimientos

A mi director de tesis Dr. Giovanni Pinzón Estrada por su colaboración, paciencia y permanente disposición de escucha, lectura y corrección. A todos los profesores de la Maestría de Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. A Carolina Valencia por su apoyo incondicional y comprensión, a mis padres, familia y todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo.

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta didáctica enfocada a estudiantes de educación media, la cual, aborda los principios básicos de la óptica geométrica y la fotografía como lo son tiempo de exposición, apertura del diafragma, distancia focal y formación de imágenes usando materiales de bajo costo y reciclados. Se realizaron tres prácticas, las cuales, consisten en la construcción de una cámara estenopeica, la elaboración de una cámara oscura y la fabricación de lentes convexas, a través, de estas los estudiantes lograron capturar con las cámaras construidas imágenes bajo distintas variables que los llevaron a comprender los conceptos propuestos de análisis, además con la fabricación de lentes convexas fue posible observar los parámetros determinantes en la formación de imágenes como lo es la distancia focal y refracción. No obstante, los materiales presentan limitaciones en la calidad y resolución de los resultados en especial en la formación de imágenes debido a la naturaleza intrínseca de estos. Estas prácticas representan una alternativa a las experiencias convencionales, ya que brindan la posibilidad de familiarizar a los estudiantes con los conceptos de forma directa y haciendo uso de materiales reciclables de fácil obtención como botellas PET, cartón, vidrio, entre otros. La propuesta didáctica permite explicar los conceptos relacionados con los principios básicos de la óptica geométrica y la fotografía incentivando en los estudiantes la argumentación científica, además de brindar una herramienta de libre acceso que permite realizar prácticas sin la necesidad de la obtención de instrumentos o equipos sofisticados de laboratorio, fortaleciendo el trabajo en equipo.

Palabras clave: Propuesta Didáctica - Cámara - Lente - Tiempo de Exposición - Distancia Focal - Apertura del Diafragma - Formación de Imágenes.

Abstract

This document presents a didactic proposal focused on high school students, which addresses the basic principles of geometric optics and photography such as exposure time, aperture of the diaphragm, focal length and imaging, using low cost and recycled materials. Three practices were carried out, they were the construction of a pinhole camera, the making of a dark camera and the making of convex lenses, through, these students were able to capture with the cameras constructed images under different variables that let them understand the proposed concepts of analysis, in addition, with the manufacture of convex lenses, it was possible to observe the determinant parameters in imaging such as the focal length and refraction. However, the materials present limitations in the quality and resolution of the results in particular in the imaging process due to the intrinsic nature of these. These practices represent an alternative to conventional experiences, since they offer the possibility of familiarizing students with concepts directly and making use of recyclable materials that could be found easily like PET bottles, carton and glass, among others. The didactic proposal allows explaining the concepts related to the basic principles of geometric optics and photography, encouraging students to scientific argument; moreover, providing a free access tool that allows practicing without the need of obtaining sophisticated instruments or laboratory equipment and promoting teamwork.

Keywords: Didactic Proposal - Camera - Lens - Exposure Time - Focal Distance - Opening the Diaphragm - Image formation.

Contenido

| | |
|--|-----------|
| Agradecimientos | VII |
| Resumen | IX |
| Lista de figuras | XIII |
| Lista de tablas | 1 |
| 1. Introducción | 2 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 5 |
| 2. Marco teorico | 9 |
| 2.1. Aspectos históricos | 9 |
| 2.1.1. La astrofotografía | 14 |
| 2.2. Aspectos disciplinares | 16 |
| 2.2.1. La naturaleza de la luz | 16 |
| 2.2.2. El principio de Huygens | 18 |
| 2.2.3. El principio de Fermat | 19 |
| 2.2.4. El carácter ondulatorio de la luz | 22 |
| 2.2.5. Reflexión de la luz | 24 |
| 2.2.6. Refracción de la luz | 26 |
| 2.2.7. Interferencia de la luz | 27 |
| 2.2.8. Dispersión Rayleigh | 29 |
| 2.2.9. Ecuación lentes delgadas | 31 |
| 2.3. Aspectos pedagógicos | 35 |
| 3. Metodología | 39 |
| 3.1. Contexto | 39 |
| 3.2. Cámara estenopeica | 42 |
| 3.2.1. Imagen cámara estenopeica | 43 |
| 3.2.2. Construcción de la cámara estenopeica | 43 |
| 3.2.3. El estenopo | 47 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.2.4. | El diafragma | 49 |
| 3.2.5. | El obturador | 50 |
| 3.2.6. | Estimación del tiempo de exposición | 50 |
| 3.2.7. | Revelado de las fotografías | 53 |
| 3.2.8. | Práctica cámara estenopeica | 55 |
| 3.3. | Cámara oscura | 62 |
| 3.3.1. | Imagen cámara oscura con lupa | 63 |
| 3.3.2. | Practica 2 | 67 |
| 3.4. | Construcción de lentes | 69 |
| 3.4.1. | Formación de imágenes | 71 |
| 3.4.2. | Refracción | 73 |
| 3.4.3. | Foco | 75 |
| 3.4.4. | Resultados | 75 |
| 3.4.5. | Resultados experimentales hallando el índice de refracción | 77 |
| 3.4.6. | Resultados experimentales hallando el foco de los lentes | 79 |
| 3.4.7. | Resultados prueba de entrada y salida | 82 |
| 4. | Conclusiones | 89 |
| | Bibliografía | 93 |
| A. | Guías propuesta didáctica | 95 |
| B. | Socialización de resultados | 112 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| 2-1. Imagen invertida | 9 |
| 2-2. Cámara del siglo XVI | 10 |
| 2-3. Primera fotografía de la Historia | 11 |
| 2-4. Cámaras de daguerrotipos | 12 |
| 2-5. Fotografías negativo y positivo | 12 |
| 2-6. Cámara diseñada por Jospé en 1925 | 13 |
| 2-7. Nebulosa de Orión | 15 |
| 2-8. Fuente de onda propagandose | 19 |
| 2-9. Recorrido mínimo desde la fuente S hasta el ojo del observador P | 19 |
| 2-10.El principio de Fermat aplicado a la refracción | 20 |
| 2-11.Un rayo que se propaga a través de un material estratificado | 21 |
| 2-12.Curvatura de los rayos en un medio no homogéneo | 22 |
| 2-13.Principio de Huygens | 23 |
| 2-14.Propagación de la luz | 23 |
| 2-15.Reflexión de la luz | 24 |
| 2-16.Reflexión de una onda como resultado del esparcimiento | 25 |
| 2-17.Refracción de ondas | 27 |
| 2-18.Dos ondas interfieren de manera constructiva | 29 |
| 2-19.Dos ondas interfieren de manera destructiva | 29 |
| 2-20.Luz solar atravesando una región de moléculas de aire | 30 |
| 2-21.Eschema de rayos solares atravesando la atmósfera en la puesta de sol | 31 |
| 2-22.Rayos de luz uniéndose en el foco del lente | 32 |
| 2-23.Imágenes Finitas | 33 |
| 2-24.Posición de la imagen y del objeto para una lente delgada | 33 |
| 3-1. Equipo disponible en laboratorio | 40 |
| 3-2. Algunos de los participantes en las actividades propuestas. | 41 |
| 3-3. Lentes realizados con estudiantes en el año 2012 | 42 |
| 3-4. Distancia entre el estenopo y el plano focal | 43 |
| 3-5. Cambio de ángulo de cobertura según la distancia focal | 44 |
| 3-6. Cálculo ángulo de cobertura | 44 |

| | |
|--|----|
| 3-7. Imagenes con distinta distancia focal | 45 |
| 3-8. Medidas caja utilizada | 45 |
| 3-9. Cámara estenopeica construida | 46 |
| 3-10.Objetos en el Estenopo | 47 |
| 3-11.Difracción en un estenopo. | 48 |
| 3-12.Distance F del estenopo hasta el plano focal. | 49 |
| 3-13.Formato de la caja construida | 50 |
| 3-14.Escala $n^o f$ | 51 |
| 3-15.Foto del Obturador | 51 |
| 3-16.Foto cuarto oscuro | 53 |
| 3-17.Foto cubetas usadas para el revelado de las fotografías | 54 |
| 3-18.Estudiantes realizando el proceso de revelado | 55 |
| 3-19.Cámara estenopeica construida por los estudiantes | 55 |
| 3-20.Fotografía con tiempo de exposición 8 minutos en un día nublado | 56 |
| 3-21.Fotografía con tiempo de exposición 5 minutos en un día opaco | 57 |
| 3-22.Fotografía con tiempo de exposición 5 minutos en un día soleado | 57 |
| 3-23.Fotografía con tiempo de exposición 8 minutos en un día opaco | 58 |
| 3-24.Fotografía estenopo con aguja No 14 y 7 | 59 |
| 3-25.Imagen y toma realizada | 59 |
| 3-26.Fotografía tomada con cámara Nikon D3300 | 60 |
| 3-27.Fotografía tomada con estenopo aguja 14, tiempo de exposición 5 minutos en un día soleado | 60 |
| 3-28.Fotografía tomada con estenopo aguja 7, tiempo de exposición 3 minutos en un día opaco | 61 |
| 3-29.Fotografía tomada con tiempo de exposición 2 minutos en un día opaco | 61 |
| 3-30.Fotografía tomada con tiempo de exposición 3 minutos en un día opaco | 62 |
| 3-31.Fotografía tomada con tiempo de exposición 3 minutos en un día opaco | 63 |
| 3-32.Cámara estenopeica con Pantalla | 63 |
| 3-33.Cámara oscura | 64 |
| 3-34.Cámara oscura con lupa | 65 |
| 3-35.Unión entre la caja y el tubo pvc con silicona | 65 |
| 3-36.Pantalla cámara Oscura con lupa | 66 |
| 3-37.Agujero utilizado para mover la pantalla con alambre dulce | 66 |
| 3-38.Practica cámara oscura. | 67 |
| 3-39.Imagen con estudiante a 10 metros | 68 |
| 3-40.Imagen con estudiante a 20 metros | 68 |
| 3-41.Botella plástica con abolladuras | 69 |
| 3-42.Botella plástica con superficie corrugada | 69 |
| 3-43.Botella plástica lisa | 70 |
| 3-44.Botella con pegante en la unión del plástico | 70 |

| | |
|---|----|
| 3-45.Marca en la botella por donde va a ser cortada | 71 |
| 3-46.Trazo de radio donde se va a pegar la botella | 72 |
| 3-47.Pegado del corte de la botella al vidrio usando silicona | 72 |
| 3-48.Montaje experimental formación de imágenes | 73 |
| 3-49.Señalando lugar donde se va a apuntar con el láser | 74 |
| 3-50.Trazado de ángulos desde donde se va a realizar el experimento | 74 |
| 3-51.Medición de los rayos de luz refractados | 75 |
| 3-52.Como se realiza el cálculo del foco experimental. | 76 |
| 3-53.Resultados formación de imagen | 76 |
| 3-54.Prueba de entrada y salida | 83 |
| 3-55.Patrón 1 | 84 |
| 3-56.Patrón 2 | 84 |
| 3-57.Patrón 3 | 84 |
| 3-58.Patrón 4 | 85 |
| 3-59.Patrón 5 | 85 |
| 3-60.Patrón 6 | 85 |
| 3-61.Pastel porcentajes de las respuestas en la prueba de entrada | 86 |
| 3-62.Imagen 1 de pregunta 2 | 86 |
| 3-63.Imagen 2 de pregunta 2 | 86 |
| 3-64.Imagen 3 de pregunta 2 | 87 |
| 3-65.Imagen 4 de pregunta 2 | 87 |
| 3-66.Pastel porcentajes de las respuestas en la prueba de salida | 87 |

Lista de Tablas

| | | |
|--------------|---|----|
| 2-1. | Índices de refracción de algunas sustancias | 26 |
| 2-2. | Imágenes de objetos reales formadas por lentes delgadas | 34 |
| 3-1. | Valores de la distancia focal F | 45 |
| 3-2. | Tamaño de orificio en el estenopo según número de aguja | 49 |
| 3-3. | Tiempo de exposición con el estenopo de la aguja 14. | 52 |
| 3-4. | Tiempo de exposición con el estenopo de la aguja 7. | 52 |
| 3-5. | Promedios índice de refracción del agua año 2013 | 77 |
| 3-6. | Promedios índice de refracción del agua año 2013 | 77 |
| 3-7. | Errores índices de refracción para el agua año 2013 | 77 |
| 3-8. | Promedios índice de refracción del alcohol etílico año 2013 | 77 |
| 3-9. | Promedios índice de refracción del alcohol etílico año 2013 | 78 |
| 3-10. | Errores índices de refracción para el agua año 2013 | 78 |
| 3-11. | Promedios índice de refracción del agua año 2014 | 78 |
| 3-12. | Promedios índice de refracción del agua año 2014 | 78 |
| 3-13. | Errores índices de refracción para el agua año 2014 | 78 |
| 3-14. | Promedios índice de refracción del alcohol etílico año 2014 | 79 |
| 3-15. | Promedios índice de refracción del alcohol etílico año 2014 | 79 |
| 3-16. | Errores índices de refracción para el agua año 2014 | 79 |
| 3-17. | Promedio foco utilizando agua año 2013 | 80 |
| 3-18. | Promedio foco utilizando alcohol etílico año 2013 | 80 |
| 3-19. | Promedio foco utilizando agua año 2014 | 81 |
| 3-20. | Promedio foco utilizando alcohol etílico año 2014 | 81 |
| 3-21. | Tabulación de la respuesta prueba inicial | 82 |
| 3-22. | Tabulación de la respuesta prueba de salida | 86 |

Capítulo 1

Introducción

La creación de grupos de astronomía en colegios del sector público y privado brindan libertad en los contenidos de los diversos cursos ofertados como grupos de estudio o de tipo electiva, debido a que estos generalmente tienen como objetivo que los estudiantes tengan una alternativa en la aplicación, fortalecimiento y generación de nuevos conocimientos. La ciencia de la astronomía brinda la oportunidad de vincular el estudio en el aula con los procesos que a diario se observan en la naturaleza relacionando los conceptos con su cotidianidad.

Como lo refiere Giordan (2002) las aproximaciones entre lo teórico y lo práctico son consideradas aburridas en la escuela, en particular en la enseñanza secundaria y, en ocasiones, les es imposible a los estudiantes relacionar y aplicar lo aprendido en el aula, haciendo de ello algo práctico y útil en la vida cotidiana; esta situación lleva a desmotivación de los jóvenes por comprender claramente las ciencias y genera la formación de una brecha entre lo que se aprende en el aula y el diario vivir.

Se pueden atribuir dos factores a este problema: por un lado, los estudiantes, en general se encuentran en un mundo inmerso en todo tipo de información que puede generar facilismo en el estudio y una notoria reducción en la investigación y el análisis de situaciones. Por otro parte, algunos docentes en ciencias no encuentran una mejor manera de educación que el trabajo magistral en el aula, y la utilización de prácticas de laboratorio que no combinan las ciencias físicas con el mundo que rodea al estudiante como lo plantea Vargas (2001).

Se continúa impartiendo primero la matemática que trae los conceptos físicos antes de la explicación del concepto como tal, sembrando en el estudiante la idea de que por ejemplo la física es matemática aplicada como lo plantea Galvis (2004). Esto sumado a la práctica en la cual el docente se ha dedicado a diseñar simulaciones de fenómenos sin que el estudiante pueda interactuar y comprender en su entorno el proceso físico que se está enseñando.

No escapa a esta situación el componente temático de la óptica geométrica. Las característi-

cas actuales de los ambientes de aprendizaje, la carencia de instrumentos y elementos de laboratorio, la ausencia de didácticas efectivas para la enseñanza del tema, entre otros factores; han permitido que el tema en cuestión requiera de una didáctica efectiva y es por ello que el objeto de este trabajo es el de presentar e implementar una propuesta didáctica que permita un mayor acercamiento de los estudiantes de educación media a la óptica geométrica de forma tal que se evidencie el uso de este conocimiento en la vida cotidiana de los educandos.

Para construir una cámara habrá que construir primero el conocimiento acerca de la cámara y tendremos que hacerlo revisando todo lo que sabemos o creemos saber sobre ella. En resumen, sólo nos servirán aquí aquellos conocimientos realmente adquiridos en profundidad, los que podamos ir recreando a medida que los utilicemos. Si el proceso se realiza a conciencia, los conocimientos revisados y readquiridos podrán luego ser transferidos a cualquier problema fotográfico que se nos presente, ya que la base es la misma en todas las tecnologías fotográficas. Es en este sentido que la fotografía, y más precisamente la instancia de fabricación y experimentación con las cámaras construidas, propone una herramienta inigualable en la situación de enseñanza/aprendizaje de la óptica geométrica. Porque la cámara no es útil solamente como instrumento para capturar imágenes, también es un instrumento útil para el pensamiento.(Tubío (2005))

Fomentar la creación de grupos de astronomía en los colegios del país presenta una gran ventaja ya que Colombia no cuenta con un currículo específico para esta ciencia a diferencia de países como Uruguay, Chile, España entre otros, en los cuales se encuentran currículos determinados para la enseñanza de la astronomía en colegios de educación básica y secundaria como lo plantea Paolantonio (2009), una de las principales dificultades en estos grupos de estudio y electivas es la elaboración del plan de trabajo debido a que los integrantes se encuentran en un rango de edades muy diversas, sin embargo, existen grupos que publican sus trabajos en internet como NASE (2009), UNawe (2007) y GTTP Galileo (2009) que ofrecen diversas actividades dirigidas a estudiantes de cualquier edad.

En cursos y programas introductorios a la astronomía tales como el curso de astronomía de ASTRORED Dantart (1995) que plantea un hilo conductor a través de los conceptos básicos, instrumentación, metodología, registro de información y análisis de esta ciencia. Teniendo en cuenta esta propuesta de consecución de saberes en este trabajo los estudiantes darán inicio con actividades relacionadas a las nociones básicas de astronomía, posteriormente exploración de equipos, registro de la información observada e incursión en la astrofotografía.

Uno de los métodos más impactantes en la actualidad es la astrofotografía la cual combina la fotografía y la astronomía a través de la captación fotográfica de los cuerpos celestes, la cual permite observar características y movimientos imperceptibles al ojo humano e incluso ante

potentes telescopios, por tanto esta es una metodología complementaria a la astronomía, la cual puede brindar información relevante a esta ciencia con nuevas técnicas en la obtención de información que hasta el momento no había tenido en cuenta.

La exploración de la astrofotografía cuenta con diferentes métodos desde el uso de webcams, hasta el uso de cámaras profesionales, a pesar de que estos instrumentos facilitan la obtención de información con buena calidad, aplican conceptos que pueden ser complejos en la educación básica y secundaria, lo cual crea la necesidad de regresar a los fundamentos y procesos básicos del instrumento, el cual se puede abordar con la cámara estenopeica, por medio de esta cámara elemental y de fácil construcción es posible comprender y explicar diversas variables como lo son el tiempo de exposición, la apertura de diafragma e ISO (International Standardization Organization), aspectos fundamentales en la fotografía y por ende en la astrofotografía.

En general los grupos de trabajo enfocados a la enseñanza de la astronomía no incluyen prácticas con relación a la metodología de la astrofotografía (como es el caso de los grupos anteriormente mencionados), no obstante, en la red es posible encontrar variedad de cursos de esta metodología como el de Delgado (2006), donde por ejemplo se define el tiempo de exposición y cómo manejarlo en la fotografía, la cual plantea una consecución de pasos a manera de “receta” en la captación fotográfica, sin embargo, no se relaciona el concepto de una manera significativa lo cual puede representar en los estudiantes pasos mecánicos sin una correcta interpretación del concepto.

Para Vigotsky (1986), el aprendizaje es mediado por el lenguaje y sucede cuando el individuo internaliza las formas de interacción social, por ejemplo de una disciplina, hasta convertirlas en propias; en otras palabras, discutir con otros sobre física permite aprender física. Así como lo plantea Ordoñez (2004) a través de experiencias que facilitan construir un conocimiento cada vez más complejo este es demostrado en la práctica, por tanto, por medio de este trabajo es posible relacionar conceptos disciplinares teóricos con prácticas de bajo costo e interesantes para los estudiantes los cuales pueden comprender conceptos básicos de elementos cotidianos para ellos como cámaras y dispositivos electrónicos de captura de imágenes a partir de esta propuesta didáctica de libre acceso en general para cualquier tipo de población.

Este trabajo propone tres prácticas de bajo costo, con materiales que se puede conseguir fácilmente, las cuales relacionan un marco conceptual introductorio de los fundamentos básicos para el estudio de la astrofotografía las cuales tienen como objetivo que los estudiantes puedan interpretar y aplicar en diferentes contextos conceptos tales como el tiempo de exposición, distancia focal, ISO y apertura del diafragma.

Este documento presenta cuatro capítulos que muestran el trabajo realizado en el Colegio

Fernando Soto Aparicio, con estudiantes de sexto a once. En el primer capítulo se aborda el planteamiento del problema hacia la construcción de la propuesta didáctica para la enseñanza de óptica geométrica, en el segundo capítulo se presentan tres aspectos referentes al marco teórico con una revisión histórica y epistemológica de la fotografía y la astrofotografía, los aspectos disciplinares en la cual se explica la matemática y física necesaria para el desarrollo de este trabajo y los aspectos pedagógicos que expone brevemente los lineamientos del ministerio de Educación, el ICFES y la metodología del Constructivismo, en el tercer capítulo se presenta la metodología desarrollada y resultados obtenidos para las tres practicas realizadas correspondientes a la construcción de la cámara estenopeica, cámara oscura y construcción de lentes, por último en el capítulo cuarto se encuentran las conclusiones y recomendaciones de la propuesta didáctica aplicada.

1.1. Planteamiento del problema

En el marco de las orientaciones establecidas por el Ministerio de Educación Nacional MEN (2014) en Colombia, a través de los Estándares para la Enseñanza de las Ciencias Naturales, se presentan los lineamientos, establecidos para cada grado de escolaridad, se define el quehacer de enseñanza de las ciencias, los temas y contenidos mínimos que se deben abordar y los aprendizajes que los estudiantes deben adquirir en términos de competencias y conocimientos. Estos desempeños relacionan los ejes articuladores de las ideas científicas, los procedimientos básicos de la ciencia en cada nivel de educación y las situaciones en las cuales se espera que los estudiantes desarrollen y pongan en práctica dichas ideas y procedimientos.

Dentro de los componentes temáticos, se encuentra la óptica geométrica, tema que hace parte de la óptica y que trata, a partir de representaciones geométricas, los cambios de dirección que experimentan los rayos luminosos en los distintos fenómenos de reflexión y refracción Bautista (2007). Este tipo de conocimiento requiere, para un mejor aprendizaje, la realización de laboratorios en los cuales los estudiantes tengan una mayor participación en el proceso de adquisición del conocimiento específico a través de la experimentación.

En el momento existen claras evidencias de los problemas que se presentan para realizar prácticas de laboratorio, bien sea por falta de instrumentos, escasos materiales o materiales de alto costo y mucho riesgo de manipulación para los estudiantes o tramitologías excesivas para el uso de equipos y materiales; todo esto sin mencionar la falta de aplicación en la realidad del estudiante de algunos temas de tal forma que el conocimiento va quedando sólo en la teoría y no se puede llevar a otros espacios de la vida cotidiana. No se trata de encontrar nuevas formas de enseñar lo que ya se ha enseñado sino que se busca encontrar alternativas para enseñar y establecer nuevos contenidos como se menciona en Meester and Kirschner (1988).

En este sentido, se plantea la necesidad de elaborar una propuesta didáctica que permita, la elaboración de instrumentos hechos por los estudiantes, con materiales reciclados y de bajo costo, la realización de prácticas de laboratorio para el aprendizaje de variables de fotografía, este pretende potenciar la creatividad de los estudiantes a través de su participación activa en el desarrollo de los laboratorios que bien podrían llevarse a cabo a través de guías de trabajo específicas, que dirijan paso a paso las actividades intelectuales y manuales a realizar como se plantea en Salinas (2000), se pretende entonces optar por caminos menos guiados, que propicien una mayor autonomía de los estudiantes y requieran de mayores dosis de creatividad.

Una de las principales dificultades en los grupos de astronomía se encuentra en el planteamiento del plan de trabajo debido a que estos grupos cuentan con la participación de estudiantes en un rango de edades muy diverso que pueden ir desde los 10 hasta los 18 años y por ende pueden encontrarse en diferentes niveles de conocimiento, por lo tanto, las actividades que se lleven a cabo deben ser del interés de todos los participantes con actividades que impliquen la implementación de materiales de bajo costo y de fácil acceso además de actividades con un grado de dificultad interesante para los miembros del grupo de tal forma que los estudiantes de menor edad no se sientan excluidos y los de mayor edad no pierdan el interés en la práctica.

En la red se pueden encontrar diferentes tipos de programas para aprender conceptos básicos de astronomía como el curso NASE (2009) que tiene actividades didácticas que van desde la astronomía de posición hasta los exoplanetas, así como páginas como la de UNawe que también propone material didáctico y de bajo costo para la realización de prácticas que pueden desarrollarse en cualquier escuela, en cuanto a la astrofotografía también se encuentran innumerables cursos en la red de cómo hacer astrofotografía con cámaras web como el planteado por el complejo astronómico Andres Bello (referencia en su página de internet <http://olichris.jimdo.com/astrofotografia-planetaria-con-webcam/>), el cual contiene diferentes tipos de guías para la adecuación de una cámara web además del uso de un software diseñado para el tratamiento de las diversas imágenes obtenidas.

En este trabajo se propone una propuesta didáctica la cual presenta tres prácticas enfocadas a los principios básicos de la astrofotografía, con materiales de bajo costo, de fácil acceso y actividades aplicables a estudiantes de diferentes edades y conocimientos como propuesta a la carencia de material didáctico en torno a la astrofotografía que pueda permitir a los integrantes del grupo afianzar y construir nuevos conocimientos.

Debido a que la astrofotografía relaciona la fotografía con la astronomía es importante abordar los principios básicos de la cámara, por ejemplo, en la elaboración de esta es impor-

tante afrontar inicialmente los conocimientos previos entorno a este instrumento, en pro de ser reafirmados y/o adquirir nuevos, así mismo, es posible relacionarlos y aplicarlos en la astrofotografía debido a que las variables tales como tiempos de exposición, apertura del diafragma, ISO y distancia focal son la base de todas las tecnologías fotográficas.

Es posible dar inicio a la fotografía sin lente, la cual puede ir desde la construcción hasta la experimentación con cámaras construidas, donde esta puede verse como una herramienta de aprendizaje en la fotografía como es el caso de la cámara estenopeica la cual es una herramienta útil en la captura de imágenes y además puede ser usada como instrumento en la adquisición y reafirmación de conocimiento.

El capturar fotografías de esta manera hace que la imagen se genere de manera paulatina ya que los tiempos de exposición pueden ser largos, donde muchos elementos no dejaran huella en el material sensible, por eso no aparecerán en la fotografía final como lo plantea Pereyra (2015), lo bueno de esto es que puede llegar a introducir a los estudiantes desde la práctica lúdica hacia la fotografía y la astrofotografía con la posibilidad de aplicar conocimientos de física, química, matemática y trigonometría como lo plantea Gomez (2007).

Capítulo 2

Marco teorico

2.1. Aspectos históricos

La Fotografía nace de dos experiencias muy antiguas, la primera es el descubrimiento de la cámara oscura y la segunda el descubrimiento de algunas sustancias que son sensibles a la luz. La cámara oscura tiene como principio oscurecer todo lo posible una habitación, pero se deja que entre un rayo de luz por un agujero que tenga aproximadamente un centímetro de diámetro y se sitúa una hoja blanca a unos quince centímetros aproximadamente de la abertura y en dicha hoja aparecerá una imagen invertida y borrosa pero reconocible de la escena exterior como se puede observar en la Figura 2-1. Aristóteles fue el primero en registrar estas imágenes IV siglos antes de Cristo.(Calbet and Castelo (1997))

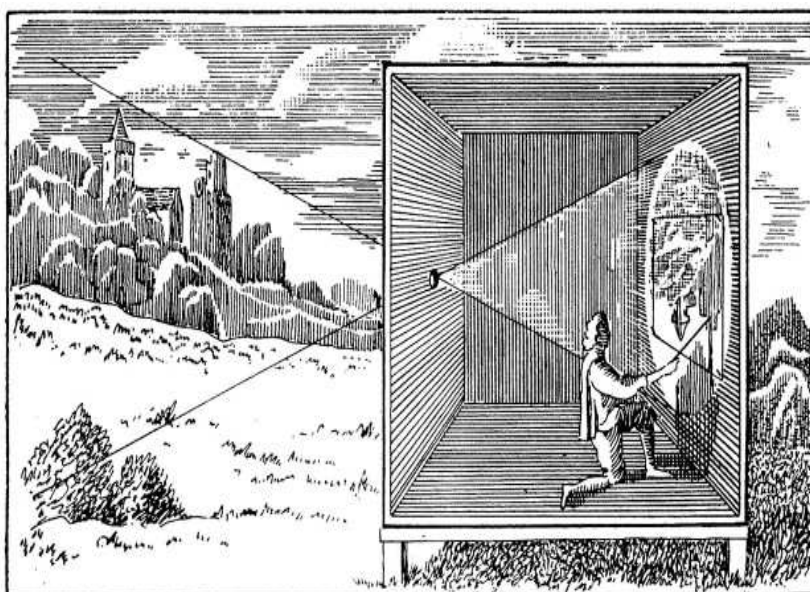


Figura 2-1: Imagen invertida, desde el cuarto interior se observa la imagen de la escena exterior invertida.

Aunque no fue sino hasta el siglo X cuando el árabe Abu Ali inb al-Hasan, conocido en occidente como Alhazen, quien describe el funcionamiento de la cámara oscura aplicando el principio de la cámara oscura para explicar la formación de imágenes en el ojo como se menciona en Calbet and Castelo (1997).

Sin embargo el descubrimiento de los principios de la cámara oscura se le han atribuido a Mo-Tzum, en la China de hace 25 siglos y a otros como el inglés Bacín en el año 1250, pero la primera ilustración mostrando el funcionamiento de la cámara oscura en manuscritos fue hecha por Leonardo da Vinci quien vivió entre los años 1.452 al 1519, y fue utilizada en el siglo XVI por artistas como instrumento para dibujar, como se puede observar en la Figura 2-2, se construyeron algunas portátiles para facilitar la labor de los artistas, luego en 1806 William Hyde Wollaston inventa la cámara lúcida como se menciona en Calbet and Castelo (1997).

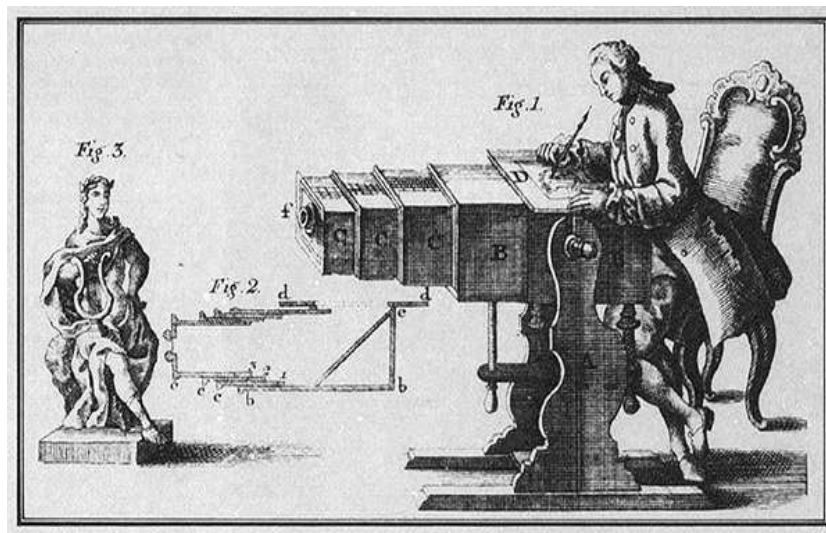


Figura 2-2: Cámara del siglo XVI.

Con el descubrimiento de material fotosensible que se remonta hacia la edad media, el hombre observó que al retirar un objeto que se dejaba durante algún tiempo sobre una hoja verde, esta hoja quedaba con la silueta del objeto, y los alquimistas conocían el efecto de la luz sobre el cloruro de plata como se menciona en Tubío (2005).

En 1663 Robert Boyle hace sus primeros experimentos con cloruro de plata que al exponerlo a la luz se volvía negro, él creía que esto se debía a la oxidación del aire pero fue hasta 1757 que Giovanni Battista demostró que este efecto se debía a la acción de la luz contrario a lo que pensaba Boyle, en 1727 el profesor Johan Schulze a un precipitado de cal adiciona fósforo y ácido nítrico y al acercarlo a la ventana descubrió que habían trazas de plata en el ácido concluyendo que las sales de plata se oscurecían al exponerse a la luz intensa como

se menciona en Calbet and Castelo (1997).

En 1802 el inglés Thomas Wedgwood produjo siluetas de hojas de plantas, encajes y plumas utilizando nitrato de plata y exponiéndoles al sol, sin embargo, las imágenes quedaban fijas solo por unos instantes por lo que no se consideró como fotografías, fue hasta 1816 cuando Joseph-Nicephore consigue las primeras imágenes negativas usando papel tratado con cloruro de plata, y logró obtener imágenes positivas utilizando placas de peltre que era una aleación de zinc, estaño, plomo y las recubrió con betún de Judea y las fijó con aceite de lavanda, a este procedimiento le llamo heliografía, logrando en 1827 una vista del patio de su casa que se puede observar en la Figura 2-3, considerándose la primera fotografía permanente de la historia.



Figura 2-3: Primera fotografía de la Historia.

Luego comenzó a investigar métodos para obtener positivos directos, y tropezó con el problema de las larguísimas exposiciones que necesitaba y lo hacía por varios días para evitar los cambios de sombra ya que el sol al moverse dificultaba el modelado de los objetos.

En 1835 Louis Jacques Mandè Daguerre, publica los resultados de un proceso que llamó daguerrotipo, que consiste en láminas de cobre plateadas y tratadas con vapores de yoduro de plata y Yodo durante una hora, y con esto logró reducir los tiempos de exposición a 15 o 30 minutos, consiguiendo una imagen visible que revelaba con vapores calientes de mercurio y fijaba lavando con agua caliente con sal aunque el verdadero fijado lo consigue dos años más tarde con sulfito de sodio, en la Figura 2-4 podemos observar dos modelos de cámaras de Daguerrotipos como se presenta en Calbet and Castelo (1997).

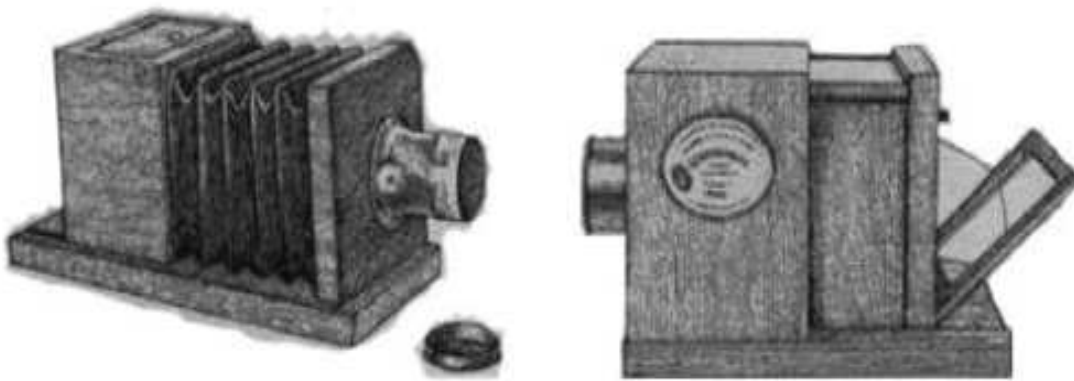


Figura 2-4: Cámaras de daguerrotipos, de 1851 y 1839.

Casi al mismo tiempo el inglés William Henry Fox Talbot obtuvo negativos en papel recubierto con cloruro de plata, que luego lo revelaba con nitrato de plata y lo exponía por contacto sobre otra hasta lograr el positivo, a este proceso lo llamó calotipo en la Figura 2-5 se puede observar su resultado, Talbot redujo los tiempos de exposición y aportó el tiosulfato de sodio como fijador que actualmente todavía se emplea.

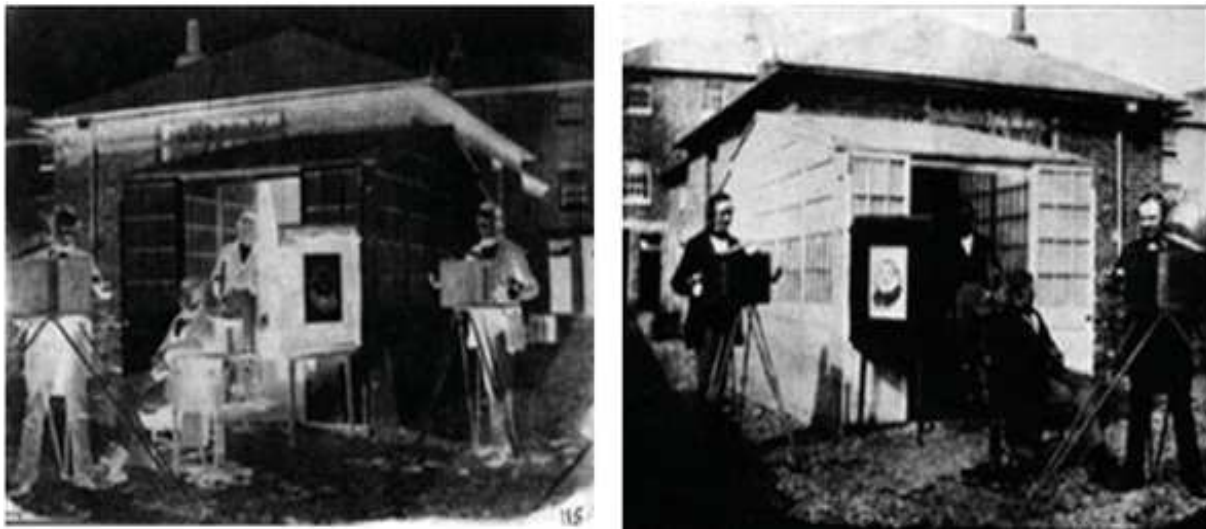


Figura 2-5: Calotipos del establecimiento fotográfico de Fox Talbot en Reading, en 1845. La fotografía a la izquierda representa el negativo y a la derecha el positivo.

En 1851 muere Daguerre y este mismo año Frederick Scott Archer inventa una nueva técnica llamada colodión húmedo o ambrotipo, que consistía en un soporte de cristal que antes de tomar la foto se recubría con una sustancia húmeda y espesa a base de algodón en polvo, alcohol y éter con sales de bromuro de plata y yodo, se debía exponer con el cristal aún húmedo y luego se dejaba secar por dos días, posteriormente se revelaba con protosulfito de

hierro y se fijaba con hiposulfito de sodio como se menciona en Calbet and Castelo (1997).

Richard Meadox sustituye el amdrotipo por gelatina de bromuro, dando como resultado una placa seca y la fotografía se centra en la evolución de los soportes, y en este momento el número de fotógrafos crece de unos cientos a miles y desde entonces el progreso de la fotografía fue imparable y se produjeron los daguerrotipos en Inglaterra, Alemania, Suiza, España, Polonia y Estados Unidos como se presenta en Calbet and Castelo (1997).

En 1884, George Eastman, pone a la venta un rollo de película sobre papel y en 1888 saca la primera cámara de serie que es la Kodak y se pone la fotografía al alcance de millones de personas abriendo paso al desarrollo de la fotografía pero no fue sino hasta 1861 que James Clerk Maxwell que demostró que cualquier color podía obtenerse mezclando luces de los colores primarios en diferentes proporciones, dando a la fotografía el sueño teórico de crear positivos en color y en 1891 Frederic Ives crea la primera cámara de color que tomaba tres negativos uno para cada uno de los colores primarios en una sola placa que se podían observar en un instrumento llamado Fotocromoscopio, en la Figura 2-6 se observa una cámara creada por Jospé en 1925 como se menciona en Calbet and Castelo (1997).



Figura 2-6: Cámara diseñada por Jospé en 1925 para tomar fotografías en color. Solamente podía hacerse una foto antes de volver a cargarla.

En 1904 Auguste y Lois Lumiere patentaron la placa autocroma, donde recubrían una placa de vidrio con un fluido a base de granos microscópicos de almidón obtenidos de la patata y los teñía con los tres colores primarios, las exposiciones debían ser 40 veces más largas

que para el blanco y negro, en 1936 se pone en venta la primera SLR de 35mm que es muy similar a las actuales y desde entonces se ha venido perfeccionando la óptica de los lentes y la mecánica de las cámaras a pasos gigantes, actualmente los mayores avances se dan hacia las cámaras réflex que actualmente cuentan con velocidades de obturación superiores a la millonésima de segundo, objetivos con hasta 15 grupos de lentes, auto foto en varias modalidades, sistemas de medición de luz, objetivos intercambiables, decenas de accesorios y software para el tratamiento y procesamiento de imágenes, logrando llegar a hacer tomas de interior del cuerpo humano, átomos y hasta las estrellas.(Calbet and Castelo (1997))

2.1.1. La astrofotografía

La astrofotografía es una parte de la fotografía dedicada a captar imágenes de objetos o fenómenos astronómicos, comenzó a emplearse para obtener documentos científicos y sustentar los datos obtenidos mediante observación. ((Casado and Serra (2009))).

La fotografía empleada en la astronomía fue el primer sustituto del ojo humano, que hasta ese momento era el único detector en las observaciones astronómicas, y puede en este momento tener diferentes ámbitos como los son el documental-didáctico, ilustrativo y artístico.

En 1840 Daguerre intento fotografiar la Luna pero fracasó en su intento ya que los tiempos de exposición debían ser muy largos y el proceso tenía bastantes dificultades, sin embargo este mismo año el astrónomo John W. Draper con un telescopio reflector y con un tiempo de exposición de 20 minutos consigue las primeras imágenes de la Luna, el siguiente año el óptico y matemático Jozef M. Petzval diseño lentes 20 veces más rápidas que se utilizaron para las astrofotografía hasta bien entrado el siglo XX como se menciona en Casado and Serra (2009).

En Harvard William C. Bond y J.A. Whipple en 1850 realizan los primeros intentos de fotografiar estrellas, logrando captar la Estrella Vega que es la más brillante de la constelación de la Lira, mostrando un límite de los instrumentos fotográficos ya que se podían captar estrellas de segunda magnitud, mientras que el ojo humano era capaz de captar estrellas mucho más débiles, y la causa se debía a que el daguerrotipo tenía una sensibilidad muy baja tan solo 1/10000 de la sensibilidad de las películas modernas como lo mencionan. (Casado and Serra (2009)).

En 1860 El británico Warren de la Rue y el jesuita Pietro Secchi, independientemente durante un eclipse total de Sol consiguen la primera aplicación moderna de la fotografía científica, logrando demostrar que las protuberancias visibles en luna llena hacen parte del Sol y no de la Luna como se presenta en Casado and Serra (2009).

Lewis Rutherford en 1964 logra fotografiar estrellas más débiles que las visibles a simple vista con un procedimiento llamado colodión o placas húmedas, donde las placas debían perma-

necer húmedas durante el tiempo de la captación de la imagen lo que limitaba los tiempos de exposición a unos pocos minutos, pero era 10 veces más sensible que el daguerrotipo y podía captar una gran número de estrellas que permitían el estudio de sus posiciones con exactitud. (Casado and Serra (2009)).

En 1871 el físico y fotógrafo aficionado Richard Maddox, inventa las placas secas con emulsión de bromuro de plata aumentando notablemente la sensibilidad permitiendo fotografías en condiciones normales del día y haciendo necesario el uso del obturador, en 1873 el químico alemán Hermann Vogel logra dar aun mayor sensibilidad a la emulsión haciéndola más sensible a mayores longitudes de onda y que antes no se había conseguido que era la zona azulada del espectro visible.

El descubrimiento de estas placas permite un gran avance para la astrofotografía logrando captar en 1874 el paso de venus por el sol hecha por W. Adney, y luego en 1880 Henry Draper logra captar la nebulosa de Orion con un telescopio refractor y 51 minutos de exposición.

La superioridad de los telescopios reflectores en diversos aspectos hace que se puedan ver más detalles en la fotografías, en 1883 Ainslie Common logra captar la nebulosa de Orion con uno de estos telescopios, mostraba tenues nebulosidades, convirtiéndose en un clásico de la astrofotografía como se puede ver en la Figura 2-7, marcando una nueva era, en la que en la placa fotográfica captaba algo que no era observable con el ojo humano.



Figura 2-7: Nebulosa de Orión fotografiada en 1883 por A. Common con 68 minutos de exposición. Placa de vidrio a la gelatina - bromuro de plata.

En 1930 El óptico Bernard Schmidt diseña un telescopio para uso exclusivo de la astrofotografía, el cual llamo cámara Schmidt, este telescopio permite fotografiar grandes áreas del

cielo con cortos tiempo de exposición, lo cual eliminaría las aberraciones ópticas, y en el 1934 el Dr. Mees desarrolla una serie de placas las cuales tienen diferentes tipos de sensibilidad las que llamo espectroscópicas.

El objetivo de la astrofotografía hasta este momento era aumentar la sensibilidad con grandes tiempos de exposición y en 1940 I.S. Bowen y L.T. Clark logra una serie de técnicas de hipersensibilidad con largos tiempos de exposición y esta técnica junto con la cámara Schmidt entre los años 1950 y 1957 son utilizadas para elaborar una atlas del cielo que se llamó Palomar Observatory Sky Survey (POSS I), posteriormente se actualizaron las fotos y se obtuvo el POSS II que aun hoy en día constituye una referencia para los astrónomos.

En el año 1969 la astrofotografía tiene un avance significativo con la invención del sensor CCD (charge-coupled device), elaborado en Estados Unidos por los ingenieros Willard Boyle y George Smith, en los laboratorios Bell, y luego con el sensor CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor) remplazando las películas de fotografía en los observatorios en la década de los 1980 todos estos avances se ven incrementados con la aparición del tratamiento digital de las imágenes, que se inició en los años setenta y masificando la astrofotografía ya que actualmente cualquier persona con un ordenador puede procesar imágenes desde su hogar.

2.2. Aspectos disciplinares

La propuesta didáctica concerniente a este trabajo aborda diversos aspectos disciplinares en relación con la luz, sus propiedades y algunos instrumentos ópticos como la cámara fotográfica. Los aspectos expuestos en esta sección hacen referencia en primer lugar a la naturaleza de luz y sus diferentes comportamientos, seguido de las características propias de la cámara fotográfica.

2.2.1. La naturaleza de la luz

Hace dos mil años, los Griegos construyeron un escenario explicativo en relación con la naturaleza de la luz. Platón argumentaba que los ojos emitían partículas que al llegar a los objetos se volvían visibles, Aristóteles pensaba que la luz es un flujo inmaterial que se encuentra entre el ojo y los objetos.

En el siglo XV, Leonardo Da Vinci realizó experimentos con cuerpos transparentes y opacos. Todos los cuerpos, sean transparentes u opacos, reflejan parte de la luz que cae sobre ellos pero la mayoría de los cuerpos dan una reflexión difusa, devolviendo la luz en muchas direcciones. Debido a la luz difusa es que vemos los cuerpos iluminados, observamos su textura y

su color y los diferenciamos de lo que nos rodea.

El físico Holandés Cristian Huygens (1629-1695) dedicó gran parte de su vida a comprender la naturaleza de la luz. En la época en que vivió Huygens, era aceptado que la luz exhibe propiedades ondulatorias como la difracción. La luz se propaga en línea recta pero cuando en su camino encuentra un obstáculo pequeño, lo bordea. Ejemplos como la estructura de la sombra de un pequeño agujero al ser atravesado por luz blanca confirman este hecho. Se observa ausencia de bordes definidos y la presencia de bandas claras y oscuras cuando el agujero se hace muy pequeño como se menciona en Casado and Serra (2009).

Galileo Galilei sugirió un método para hallar la velocidad con la que la luz se mueve. Dos hombres con linternas (de fuego) se situaban a cierta distancia conocida. El primero destacaba su linterna y ponía en marcha un reloj y el segundo descubría su linterna al ver la luz del primero. Cuando el primer hombre veía la luz del segundo, detenía su reloj midiendo así el tiempo empleado por la luz para ir del primer hombre al segundo y volver; al menos eso esperaba Galileo. Pero este experimento no sirvió porque la luz viaja demasiado rápido. Pero no significa que fué un fracaso completo porque mostró que la velocidad de la luz es muy grande como para poder medir su paso en distancias cortas con un mecanismo tan precario como se menciona en Serway and Jewett (2009).

En 1676, Roemer diseñó un método para medir la velocidad de la luz. El método de Roemer no necesitaba medir de manera precisa un intervalo de tiempo corto. Lo que hizo Roemer fué observar las veces en que algunos de los satélites del planeta Júpiter entraban en eclipse al entrar en la sombra de ese planeta. Estos eclipses ocurren a intervalos de tiempo regulares. El más brillante de los satélites, gira alrededor de Júpiter en un poco más de siete días y es eclipsado una vez durante cada revolución. Usando el tiempo promedio entre eclipses como el tiempo de rotación del satélite, Roemer encontró que los eclipses ocurrían 11 minutos más temprano cuando la tierra estaba más cerca de Júpiter y 11 minutos más tarde cuando estaba más lejos, porque la luz tenía que viajar a través de la órbita de la tierra. Roemer no logró hallar un valor suficientemente preciso con sus observaciones, pero su gran contribución consistió en haber demostrado que la luz empleaba un tiempo que podía medirse para cruzar la órbita de la tierra y que por lo tanto, la luz viaja con una rapidez finita como se presenta en Serway and Jewett (2009).

Mediciones posteriores de los retrasos de los tiempos de los eclipses demostraron que el intervalo requerido para cruzar la órbita es de 16 minutos 20 segundos en lugar de los 22 minutos que encontró Roemer. Ahora se sabe que la distancia media de la tierra al Sol es $1UA = 1,47 \times 10^{11}$ metros, por lo que la velocidad de la luz es 300.000 km/s.

Newton explica el fenómeno de la reflexión de la luz basado en elementos de la mecánica

clásica, asumiendo que la luz se comporta como una partícula. La colisión elástica con una superficie ocurre manteniendo la cantidad de movimiento lineal constante por lo que la “luz” emerge luego de la colisión con la superficie de manera que los ángulos (medidos respecto a la normal) de incidencia y de reflexión son iguales.

La refracción la explica Newton analizando lo que le ocurre a la luz al pasar de un medio menos denso a uno más denso. La fuerza que aplica el medio más denso, modifica la dirección del movimiento lo cual confirma que la luz se refracta como se menciona en Serway and Jewett (2009).

2.2.2. El principio de Huygens

En 1660 en un trabajo titulado *Traité de la Lumière*, escrito doce años antes por el físico holandés Christiaan Huygens, y desde entonces se conocería como el Principio de Huygens, el cual se expone de la siguiente manera: “cada punto en un frente de onda en propagación sirve como fuente de trenes de ondas esféricas secundarias de tal modo que, al cabo de cierto tiempo, el frente de onda será envolvente de estos trenes de ondas”. Hecht (1999)

Y por otro lado, “Si la onda que se propaga tiene una frecuencia f , y se transmite por el medio a una velocidad v , entonces los trenes de ondas secundarios tendrán la misma frecuencia y velocidad”. Hecht (1999)

Este principio resulta ser muy útil para llegar a la ley de Snell, es una teoría temprana que tiene algunos fallos, como el no incluir el concepto de interferencia y tampoco el esparcimiento lateral, por tanto si el medio es homogéneo los radios de los trenes de onda pueden construirse con radios finitos, mientras que si no lo es tendrán radios infinitesimales, en la Figura 2-8 se muestra un plano de frente de onda Σ también se muestran una serie de frentes de onda esféricas secundarias que después de un tiempo t , se han propagado hasta un radio de vt , la envolvente de todos esos frentes de onda es la onda avanzada Σ' , y al estudiar la dispersión de las ondas tenemos que considerar que toda partícula de la materia por donde avanza la onda, además de comunicar su movimiento a la siguiente partícula también confiere necesariamente movimiento a todas las otras que tocan y se oponen al movimiento, y como resultado se obtendrá que alrededor de cada una de las partículas aparece una onda cuyo centro estará en la partícula como se presenta en Hecht (1999).

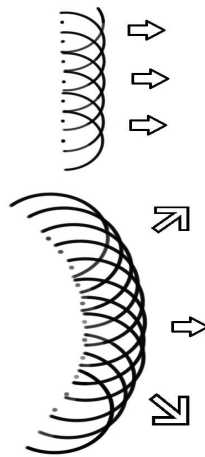


Figura 2-8: Una onda se propaga como si el frente de onda estuviera formado por una serie de fuentes puntuales como se presenta en Hecht (1999).

2.2.3. El principio de Fermat

Para entender mejor cómo se comporta la luz se estudiara el principio de Fermat ya que nos es útil en la formación de imágenes sobre todo en la cámara estenopeica y este es el celebre principio del tiempo mínimo, el cual incluye tanto la reflexión como la refracción y esto puede verse en la Figura 2-9, donde un fuente que está situada en el punto S emite una serie de rayos que son reflejados al punto P , y si se dibuja los rayos como si salieran desde S' , ninguna de las distancias se habría alterado por tanto las distancias $SAP = S'AP$ y $SBP = S'BP$, pero la trayectoria de la línea $S'BP$, donde $\theta_i = \theta_r$, debe ser la más corta posible, y los puntos S , B y P se encuentran sobre el plano de incidencia por tanto Fermat propone: “la trayectoria real que adopta un haz de luz entre dos puntos es aquella recorrida en el tiempo mínimo” como se menciona en Hecht (1999).

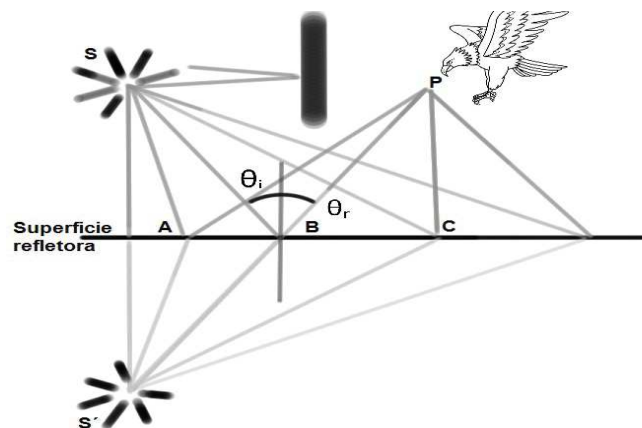


Figura 2-9: Recorrido mínimo desde la fuente S hasta el ojo del observador P .

Se tomará este principio para el caso de la refracción, donde analizaremos el tiempo t que

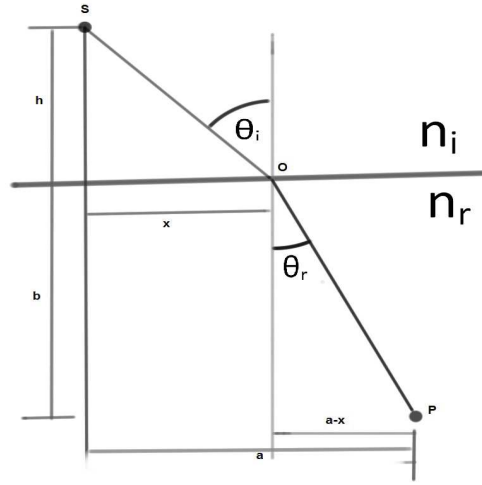


Figura 2-10: El principio de Fermat aplicado a la refracción.

tarde el rayo en ir desde S a P , con respecto a la variable x como se puede observar en la Figura 2-10, por lo tanto al cambiar x moveremos el punto O y el rayo que va de S a P se va a afectar, y obtendremos que:

$$t = \frac{SO}{v_i} + \frac{OP}{v_r} \quad (2-1)$$

O bien

$$t \cong \frac{(h^2 + x^2)^{1/2}}{v_i} + \frac{[b^2 + (a - x)^2]^{1/2}}{v_r} \quad (2-2)$$

Para disminuir $t(x)$ con respecto a las variaciones en x , establecemos que $dt/dx = 0$, por tanto obtenemos que:

$$\frac{dt}{dx} = \frac{x}{v_i(h^2 + x^2)^{1/2}} + \frac{-(a - x)}{v_r[b^2 + (a - x)^2]^{1/2}} \quad (2-3)$$

Y si analizamos la Figura 2-10, podremos escribir la expresión como

$$\frac{\sin\theta_i}{v_i} = \frac{\sin\theta_r}{v_r} \quad (2-4)$$

Esto nos lleva a la ley de Snell, por tanto un haz de luz que va a ir de un punto S a un punto P en el menor tiempo posible, deberá cumplir la ley de la refracción.

Ahora si se tiene un material con m capas, cada una con índice de refracción diferente, como se muestra en la Figura 2-11, por tanto el tiempo que tardara el haz de luz desde S a P será:

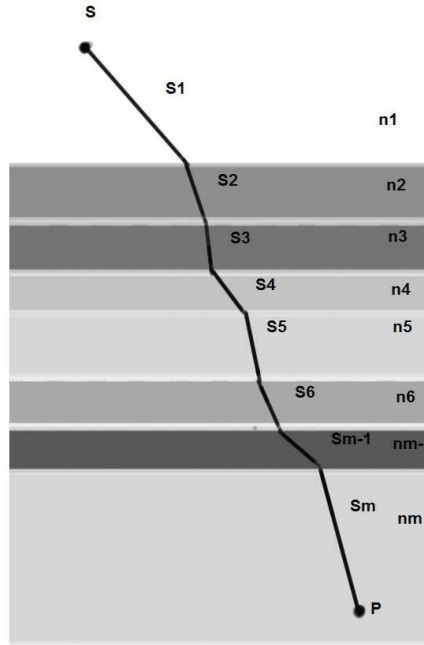


Figura 2-11: Un rayo que se propaga a través de un material estratificado.

$$t = \frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2} + \dots \frac{S_m}{v_m} \quad (2-5)$$

O bien,

$$t = \sum_{i=1}^m \frac{S_i}{v_i} \quad (2-6)$$

Donde S_i y v_i son las longitudes de las trayectorias y las velocidades en la i -ésima, por tanto:

O bien,

$$t = \frac{1}{c} \sum_{i=1}^m n_i s_i \quad (2-7)$$

Donde esta suma se conoce como longitud de camino óptico (LCO) atravesada por el rayo, para un medio no homogéneo n es una función de posición, la suma debe cambiarse por un integral como se menciona en Hecht (1999).

$$OPL = \int_S^P n(S) ds \quad (2-8)$$

La longitud de camino óptico va a ser la distancia en el vacío equivalente a la distancia recorrida en el medio con índice de refracción n , es decir que ambas distancias corresponderán al mismo número de longitudes de onda, $(OPL)/\lambda_0 = s/\lambda$, y el mismo cambio de fase a medida que la luz avanza como se presenta en Hecht (1999).

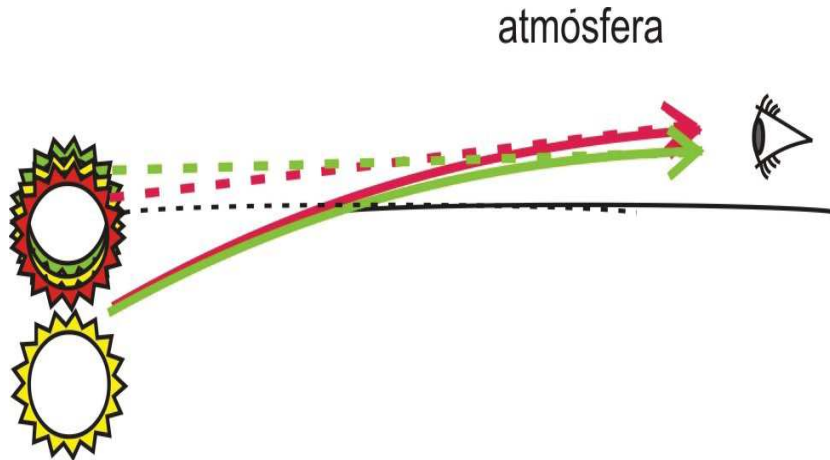


Figura 2-12: Curvatura de los rayos en un medio no homogéneo.

Ahora si $t = (LCO)/c$, se puede decir del principio de Fermat lo siguiente: “la luz al ir desde el punto S hasta el punto P, sigue la ruta que tiene la longitud de camino óptico menor”, por lo tanto cuando los rayos solares atraviesan la atmosfera no homogénea de la tierra como se puede observar en la Figura 2-12, estos rayos se curvan los más súbitamente posible con el fin de atravesarla, por esta razón podemos ver el sol aun cuando ya está por debajo del horizonte; el principio de Fermat en su forma moderna establece: “Cuando un rayo de luz se transmite de un punto S a un punto P, deberá recorrer un longitud de camino óptico que será estacionaria con respecto a la variaciones de dicho camino”.Hecht (1999)

2.2.4. El carácter ondulatorio de la luz

Huygens dedicó gran parte de su vida haciendo experiencias en su laboratorio sobre la luz. Notó desde muy joven que la luz se refleja, se refracta y se difracta, igual que las ondas en el agua o las ondas sonoras. Supone que existe una sustancia omnipresente que llena todo el espacio entre la materia y la llamo éter luminífero. Dicho eter es el medio a través del cual ocurre la propagación de la luz, esta última considerada como una onda. En 1660 Francesco Grimaldi confirma la naturaleza ondulatoria a partir de experimentos de difracción. La luz bordea los obstáculos cuando las dimensiones del obstáculo son comparables con la longitud de onda como se menciona en Serway and Jewett (2009).

Huygens formuló un principio llamado el Principio de Superposición y se aplica a todas las ondas que existen en el Universo. Dicho principio fue el resultado de un elevado número de horas haciendo experimentos de lo que ocurre con un frente de onda viajero y plano al cruzar orificios alineados con dimensiones similares a las de la longitud de onda. Cada orificio actúa como un emisor secundario de ondas de forma que el frente de onda que se obtiene luego de cruzar los orificios alineados es producto de la superposición de los frentes emitidos por los emisores secundarios. En la Figura 2-13 se ilustra este principio como se presenta en Serway

and Jewett (2009).

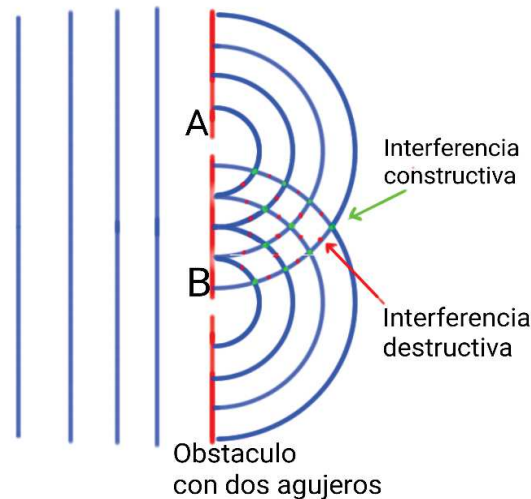


Figura 2-13: Principio de Huygens.

En 1865 James Clerk Maxwell, describe formalmente las propiedades de las ondas luminosas en las cuales no es necesario mantener la ideal del eter. La luz es una onda que no requiere medio para propagarse toda vez que es una onda electromagnética en la cual la oscilación del campo eléctrico y el magnético hace posible su propagación con una rapidez de 300.000 km/s. En la Figura 2-14 se representa en azul la magnitud del campo eléctrico y en rojo la magnitud del campo magnético. Hertz en 1887 confirma experimentalmente las predicciones de la teoría de Maxwell y junto con los científicos de su generación, dieron comienzo a una verdadera revolución tecnológica como se menciona en Serway and Jewett (2009).

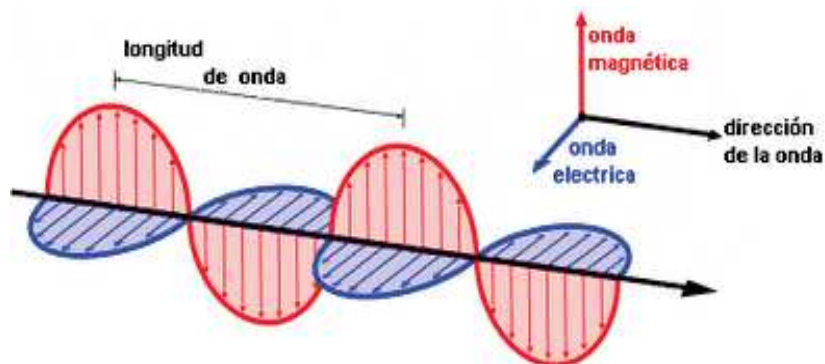


Figura 2-14: Propagación de la luz. Fuente:<http://femtolabs.blogspot.com.co/2016/06/introduccion.html>

2.2.5. Reflexión de la luz

Si un haz de luz compuesto por diferentes frentes de onda planos incide en una superficie con un ángulo determinado, y esta superficie es de vidrio, suponemos que alrededor es vacío como se puede observar en la Figura 2-15, a medida que el frente va interactuando con las moléculas de la superficie va activando los dispersores, donde cada uno de los cuales radia un flujo de fotones como se presenta en Hecht (1999)

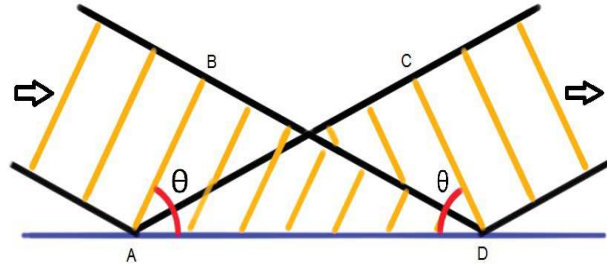


Figura 2-15: Reflexión de la luz, el ángulo de incidencia debe ser igual al reflejado.

Debido a que la longitud de onda es mayor que la separación que hay entre las moléculas, los trenes de ondas son radiados de forma constructiva hacia atrás del medio incidente y avanzan juntos en una única dirección por lo cual solo hay un haz reflejado, tal como se puede ver en la Figura 2-16.

En la Figura 2-15, la línea AB es el largo del frente de onda incidente, mientras que CD es el largo del frente de onda reflejado, ahora si todos los dispersores de la superficie reflejan en fase y forman una única onda plana podemos decir que $AC = BD$, dado que los triángulos comparten la hipotenusa podemos decir que

$$\frac{\sin\theta_i}{BD} = \frac{\sin\theta_r}{AC} \quad (2-9)$$

En el medio incidente todas las ondas viajarán con la misma velocidad, por tanto el tiempo Δt que tarda un frente de onda del punto B en llegar al punto D, es el mismo que un tren de ondas que sea emitido desde A para alcanzar el punto C, lo que significa que $\sin\theta_i = \sin\theta_r$ y por tanto:

$$\theta_i = \theta_r \quad (2-10)$$

La ecuación 2-10 se conoce como la Ley de reflexión de la luz y establece que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

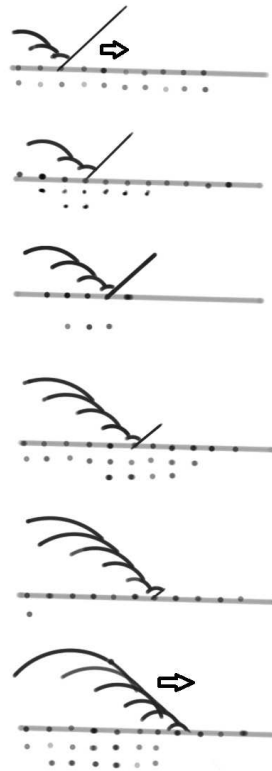


Figura 2-16: Reflexión de una onda como resultado del esparcimiento.

2.2.6. Refracción de la luz

La transmisión de la luz a través de un medio homogéneo es un proceso continuo y repetitivo de dispersión y re dispersión. Cada vez que tiene lugar, se produce un desplazamiento de fase en el campo de luz que, en última instancia, aparece como un cambio en la velocidad aparente del haz de luz transmitido con respecto a su valor nominal c . esto corresponde a una índice de refracción para el medio que es distinto de uno como se menciona en Hecht (1999).

En la Tabla **2-1** se presentan los valores de n para algunas sustancias.

Tabla 2-1: Índices de refracción de algunas sustancias

| Sustancia | Índice de refracción n |
|-------------------------|--------------------------|
| Aire | 1.00029 |
| Hielo | 1.31 |
| Agua | 1.333 |
| Alcohol etílico | 1.36 |
| Vidrio crown | 1.52 |
| Vidrio flint ligero | 1.58 |
| Poliestireno | 1.59 |
| Vidrio flint denso | 1.66 |
| Vidrio flint de lantano | 1.80 |
| Fosfero de galio | 3.50 |

Para entender mejor este fenómeno consideremos la Figura **2-17** en la cual se ilustra la refracción de un frente de onda plano que se propaga a través de un medio cuyo índice de refracción es n_i y súbitamente pasa a propagarse a un medio con un índice de refracción n_f como se presenta en Hecht (1999).

Como se puede observar el tiempo Δt , que es el que interviene en el punto B del frente de onda para llegar hasta D con una velocidad v_i , la parte transmitida de ese mismo frente habrá llegado al punto E con una velocidad v_f , si el vidrio que tiene índice de refracción $n_t = 1,5$ y si encuentra en un medio como el aire con $n_i = 1,0003$ o cualquier otro medio donde $n_t > n_i$ por tanto $v_f < v_i$ y , y como resultado el frente de onda se doblará, formando un ángulo θ_r , de tal modo que

$$\frac{\sin\theta_i}{BD} = \frac{\sin\theta_f}{AE} \quad (2-11)$$

Donde $BD = v_i\Delta t$ y $AE = v_f\Delta$ de esta manera,

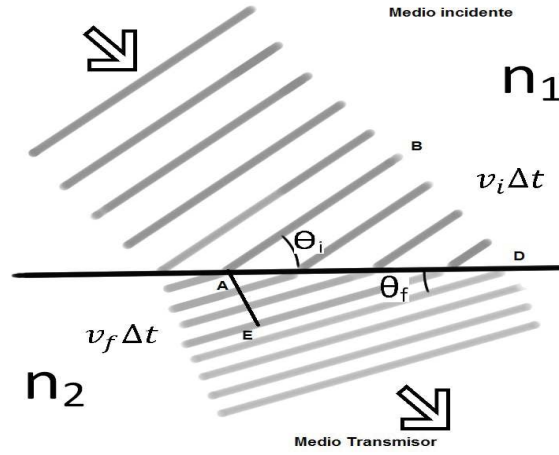


Figura 2-17: Refracción de ondas. Los átomos en la región superficial del medio de transmisión vuelven a emitir trenes de onda que se combinan constructivamente para formar un haz refractado.

$$\frac{\sin\theta_i}{v_i} = \frac{\sin\theta_f}{v_f} \quad (2-12)$$

Y al multiplicar a ambos lados por c , y dado que $n_i = \frac{c}{v_i}$ y $n_f = \frac{c}{v_f}$

$$n_i \sin\theta_i = n_f \sin\theta_f \quad (2-13)$$

La ecuación 2-13 es la Ley de Snell para la refracción de la luz como se presenta en Hecht (1999).

2.2.7. Interferencia de la luz

Un hecho que diferencia las ondas de la materia es la posibilidad que tienen las primeras de ocupar la misma región del espacio. Como resultado, las ondas presentan el fenómeno conocido como interferencia, que a continuación se describe:

Consideremos dos ondas planas representadas con funciones coseno cuya fase difiere en $\Delta\theta$, como se muestra en las ecuaciones 2-14 y 2-15

$$y_1 = A \cos(kx + \omega t) \quad (2-14)$$

$$y_2 = A \cos(kx + \omega t - \Delta\theta) \quad (2-15)$$

Para sumar las dos ecuaciones se hace uso de la siguiente identidad

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\left[\frac{\alpha - \beta}{2}\right]\cos\left[\frac{\alpha + \beta}{2}\right] \quad (2-16)$$

Igualando $\alpha = fx + wt - \Delta\theta$ y $\beta = kx + wt$, y la suma de y_1 y y_2 es:

$$y = y_1 + y_2 = 2A\cos\frac{\Delta\theta}{2}\cos(kx + wt - \frac{\Delta\theta}{2}) \quad (2-17)$$

La fase va a ser el promedio de las fases de las ondas originales y la amplitud es:

$$A_r = 2A\cos\frac{\Delta\theta}{2} \quad (2-18)$$

La Amplitud resultante, puede tener cualquier valor entre 0 y $2A$, y va a depender de la fase $\Delta\theta$, por lo tanto si las ondas tienen la misma fase $\Delta\theta = 0$, y en este caso la amplitud será el doble de las dos originales, ahora si la diferencia de fase es $\Delta\theta = \pi$, el coseno será cero y la amplitud resultante también será cero como se menciona en Hecht (1999).

El esparcimiento de Rayleigh presenta una serie de moléculas independientes que están distribuidas aleatoriamente de modo que las ondas dispersadas no tienen relación entre ellas por tanto no se da ninguna distribución de interferencia, pero cuando la separación entre las moléculas es de una longitud de onda o más, y las moléculas se están moviendo alrededor, causa que las fases se modifiquen, a cada momento, algunos trenes van a interferir constructivamente y otros destructivamente y esta cambiante mezcla de trenes de ondas, elimina en promedio la interferencia.

A medida que la onda que se transmite en el medio y avanza a través de él, el fenómeno del esparcimiento se repite una y otra vez, así pues “el índice de refracción surge cuando el proceso de absorción y emisión adelanta o retrasa las fases de los fotones dispersados, aun cuando ellos se propagan a una velocidad c ”. Hecht (1999)

En medios que son densos, los átomos de las moléculas agrupados dan lugar al mismo número de trenes de ondas electromagnéticas esparcidas, y estas ondas se interfieren de un modo que no se da en los medios no tan densos, y esto quiere decir “cuanto más densa es la sustancia por la que la luz avanza, menor es el esparcimiento lateral”. Hecht (1999)

La interferencia es la superposición de dos o más ondas que como resultado nos da una perturbación que es la contribución de las ondas superpuestas, cuando tenemos dos ondas que parten en fase y con la misma frecuencia constante propagándose en la misma dirección se van a encontrar justamente en fase, la onda resultante en cada punto es la suma de los valores de las alturas fenómeno que se llama interferencia constructiva como se puede observar en la Figura 2-18.

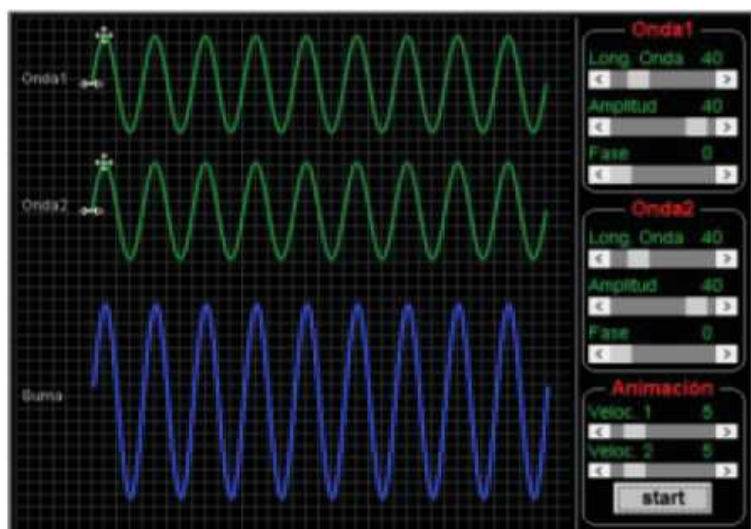


Figura 2-18: Dos ondas interfieren de manera constructiva.

Cuando la diferencia de fase llega hasta 180° , las ondas tienden a anularse y a esto lo denominamos interferencia destructiva como se puede observar en la Figura 2-19.

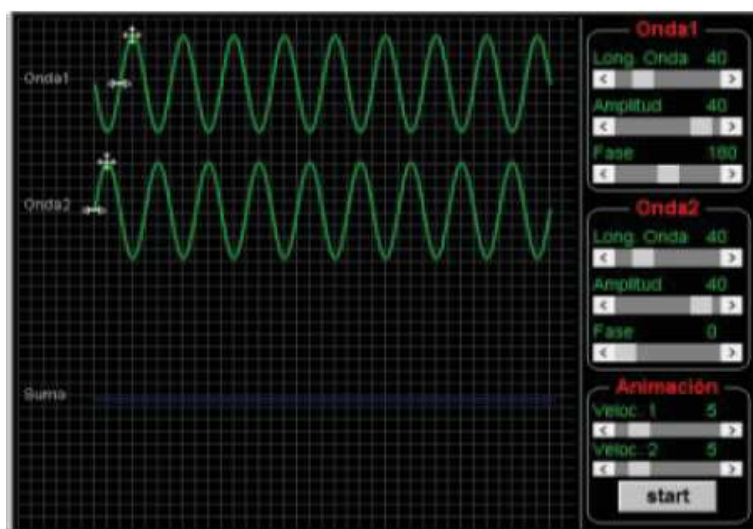


Figura 2-19: Dos ondas interfieren de manera destructiva.

Con la aparición del láser se puede observar muy fácilmente el esparcimiento de Rayleigh en gases de baja presión y estos resultados confirman la teoría como se presenta en Hecht (1999).

2.2.8. Dispersión Rayleigh

Si un rayo de luz que contiene una amplia gama de frecuencias está avanzando por el vacío, el haz se va expandiendo muy lentamente y su energía va avanzado a una velocidad c , si no

hubiese esparcimiento no sería posible ver el rayo desde un lado, y tampoco tendría ninguna disminución de luz, ahora si suponemos que mezclamos un soplo de aire en el vacío, (las moléculas carecen de resonancia en el visible), las moléculas se comporta como un pequeño oscilador donde la nube de electrones es excitada por un fotón que llega, justo en este momento se inicia una vibración y la molécula reemite luz, es decir los fotones son adsorbidos e inmediatamente después se emite otro fotón de la misma frecuencia y longitud de onda como se presenta en Hecht (1999).

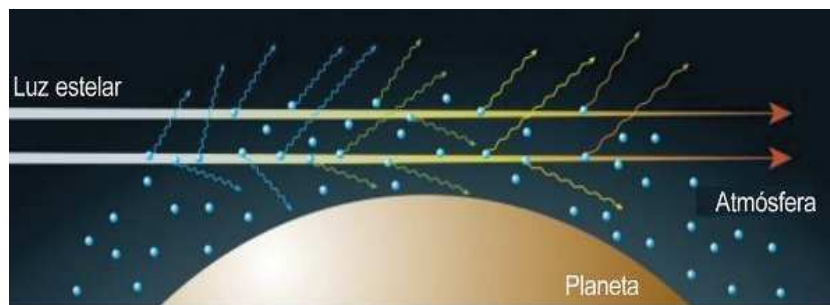


Figura 2-20: Luz solar atravesando una región de moléculas de aire muy esparcidas. La luz que se dispersa lateralmente es mayoritariamente azul, razón por la cual el cielo es azul.

Ahora los fotones se esparcen en todas las direcciones y las moléculas están orientadas al azar como se muestra en la Figura 2-20, para que el esparcimiento pueda ser percibido debe atravesar un tremendo volumen de aire, las amplitudes de las vibraciones en el estado fundamental y las de la luz esparcida, aumentan con la frecuencia por que todas las moléculas tienen resonancias electromagnéticas en el ultravioleta, es por esto que la luz violeta es fuertemente esparcida y la luz amarilla es la menos esparcida, debido a esto un rayo de luz que atraviesa un gas será más rico en el extremo del rojo mientras que la luz azul será esparcida, por esta razón el cielo es azul como se menciona en Hecht (1999).

Rayleigh llegó a la conclusión que la luz esparcida es proporcional, antes de conocerse este trabajo se creía que el cielo era azul por minúsculas partículas de polvo, por tanto tenemos que la luz solar entra en la atmósfera en determinada dirección y se esparce en todas las direcciones, si no existiera la atmósfera, durante el día, el cielo sería totalmente negro como el cielo lunar, ahora cuando el sol se encuentra bajo en el horizonte, los rayos de luz tienen que atravesar una gran masa de aire mayor a la que se atraviesa cuando estamos al medio día como se puede observar en la Figura 2-21, con el azul sensible atenuado, los rojos y los amarillos producen esas puestas de sol de fuego.

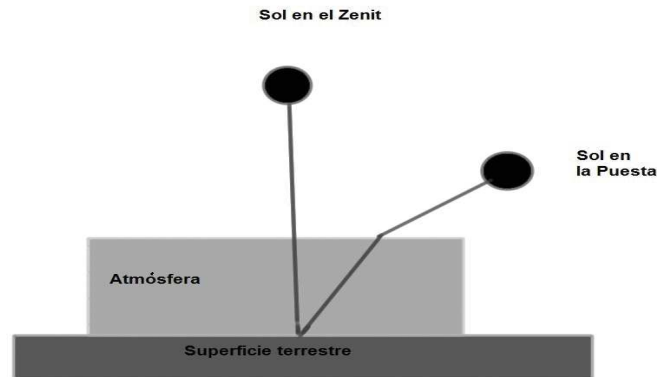


Figura 2-21: Los rayos solares deben atravesar una mayor o menor cantidad de atmósfera, cuando se observa una puesta de sol.

2.2.9. Ecuación lentes delgadas

Para este trabajo se hace necesario estudiar uno de los sistemas ópticos más utilizados que es la lente y para las cámaras se constituye como una de las partes ópticas más importantes, los lentes artificiales se remonta en la antigüedad a instrumentos que se utilizaban para prender fuego, una lente se puede definir como “un dispositivo refractor (es decir, una discontinuidad en el medio dominante) que reconfigura la distribución de la energía emitida”, esto no solo se aplica para la luz visible sino también para los rayos UV, ondas cortas, microondas, ondas de radio y ondas sonoras. Hecht (1999)

El funcionamiento de una lente consta básicamente en desviar la trayectoria de los rayos luminosos, la velocidad de la onda inicial cambia al entrar a este medio; en la mayoría de los casos una lente tiene dos o más superficies refractoras de estas, por lo menos una está curvada y las dos están centradas en un eje común.

Comúnmente las lentes están formadas por un solo elemento en este caso se considera una lente simple sin embargo, otras tienen más de un elemento y esto la convierte en una lente compuesta, también pueden clasificarse en delgadas o gruesas.

Las lentes se denominan convexas, convergentes o positivas, estas son más gruesas en el centro, donde la onda se hace más convergente a medida que atraviesa la lente si el índice de refracción es mayor que el del medio en el que está sumergida la lente; por otro lado tenemos las lentes cóncavas, divergentes o negativas, estas son más delgadas en el centro de tal forma

que la onda se hace mas divergente a medida que atraviesa la lente.

Para las lentes es necesario definir un punto que se va a llamar punto focal o foco, se puede observar en la Figura 2-22, se lanzan rayos paralelos a la izquierda del lente y el lente los hace converger en un punto, este es el punto que se le llamara foco, y la distancia entre el foco y la lente la llamaremos distancia focal como se menciona en Hecht (1999).

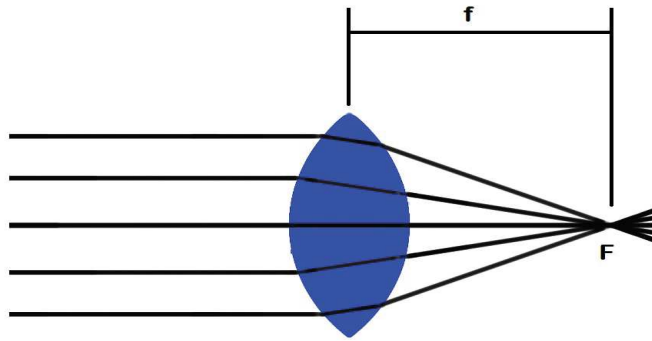


Figura 2-22: Rayos de luz uniéndose en el foco del lente.

Ahora en una imagen no tenemos una fuente puntual si no una gran cantidad de puntos que se combinan para formar la imagen, se podría representar una esfera σ_0 centrada en C, como se puede observar en la Figura 2-23, si σ_0 está cerca, el punto S tendrá una imagen virtual P como se puede observar en la Figura 2-23 a, ahora si se aleja S la imagen será real, en los dos casos cada punto de σ_0 tiene un conjugado σ_i que se halla en una línea recta que pasa por C como se presenta en Hecht (1999).

Ahora si se toma la Figura 2-23, y en lado derecho se corta y se pule la superficie refractora se puede convertir en una lente delgada, por tanto la imagen final que se formara será la misma en una plano normal a ese eje como se puede observar en la Figura 2-23(b) como se menciona en Hecht (1999).

Si se quiere definir la posición, el tamaño y la orientación de la imagen producida por la lente, se puede realizar un diagrama de rayos como el que se puede observar en la Figura 2-24, se debe establecer un punto correspondiente a cada punto del objeto, ya que todos los rayos que salen del objeto son una fuente puntual que llegará al punto de la imagen, pero conociendo los puntos focales se pueden utilizar tres rayos para fijar la imagen, dos de ellos deben pasar por el punto focal y el último de los rayos deberá pasar por el centro y no se desviara; en la Figura 2-24 se pueden observar cómo se trazan los tres rayos como se menciona en Hecht (1999).

De la fórmula de Newton $x_0 x_i = f^2$, que publicó en su obra Opticks de Newton en 1704, los

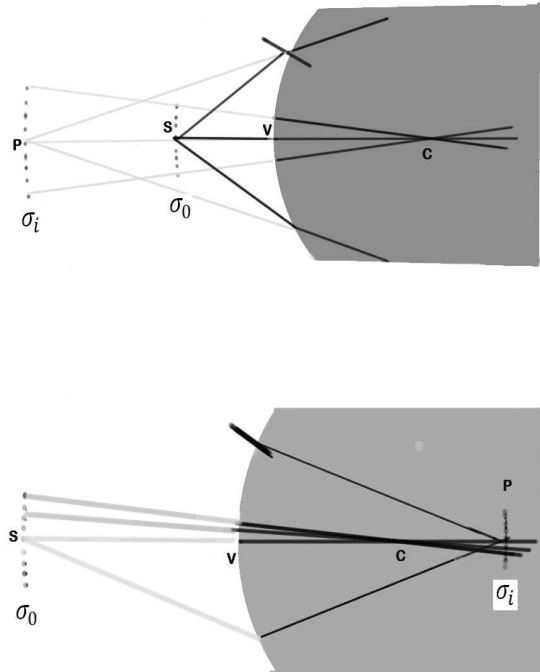


Figura 2-23: Imágenes Finitas.

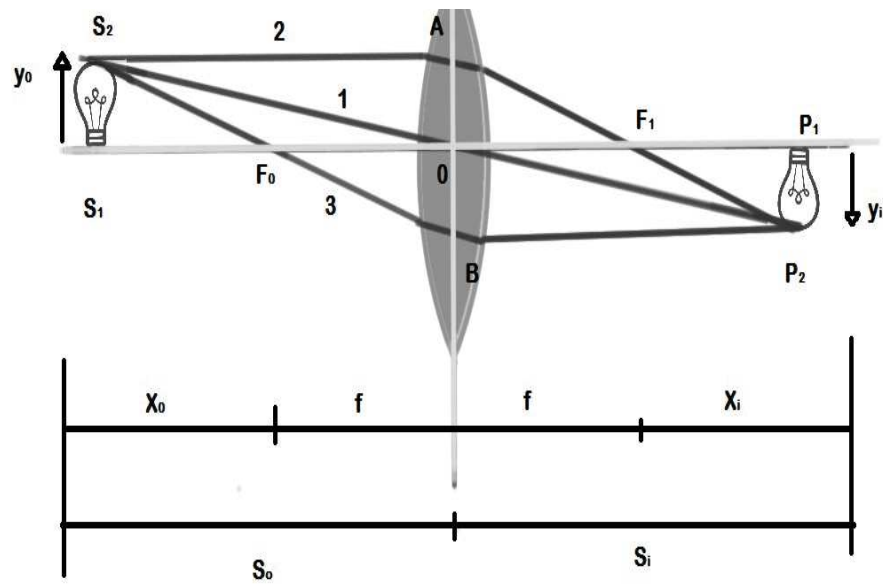


Figura 2-24: Posición de la imagen y del objeto para una lente delgada.

signos de x_0 y x_i se toman respecto a su foco como se puede observar en la Figura **2-23**, x_0 por convenio es positivo a la izquierda de F_0 y x_i es positivo a la derecha de F_i , en esta ecuación de Newton es indudable que x_0 y x_i tiene signos iguales lo que significa que el objeto y la imagen deben estar en lados opuestos de sus puntos focales, ahora la relación de las dimensiones del objeto y la imagen formada se define como aumento lateral o transversal, M_T como se menciona en Hecht (1999) y se define como:

$$M_T = \frac{y_1}{y_0} \quad o \quad M_T = \frac{-s_1}{s_0} \quad (2-19)$$

Por tanto si M_T es positiva la imagen será derecha mientras que un valor negativo significa que la imagen debe estar invertida, ahora s_1 y s_0 son positivas significa que vamos a obtener imágenes reales, y se puede deducir que todas las imágenes reales formadas lentes delgadas siempre serán invertidas, la Tabla **2-2** tienen las diferentes configuraciones que podemos obtener.

Tabla 2-2: Imágenes de objetos reales formadas por lentes delgadas, tomado de (Hecht (1999)).

| Convexa | | | | |
|---------------------|---------|--------------------------------|-------------|-----------------|
| Objeto | Imagen | | | |
| Posición | Clase | Posición | Orientación | Tamaño relativo |
| $\infty > s_0 > 2f$ | Real | $f < s_i < 2f$ | Invertida | Disminuida |
| $s_0 = 2f$ | Real | $s_i = 2f$ | Invertida | Mismo tamaño |
| $f < s_0 < 2f$ | Real | $\infty > s_i > 2f$ | Invertida | Aumentada |
| $s_0 = f$ | | $\pm\infty$ | | |
| $s_0 < f$ | Virtual | $ s_i > s_0$ | Derecha | Aumentada |
| Cóncava | | | | |
| Objeto | Imagen | | | |
| Posición | Clase | Posición | Orientación | Tamaño relativo |
| Cualquier sitio | Virtual | $ s_i < f $ $s_0 > s_i $ | Derecha | Disminuida |

Si se analiza la Figura **2-24**, y movemos el objeto se puede decir que a medida que se acerca la imagen real se aleja hasta llegar a f , también se puede observar que el aumento lateral no es lineal; todo el espacio desde $2f$ hasta el infinito, a la izquierda de la lente, estaría a la derecha de la lente entre f y $2f$ como se menciona en Hecht (1999).

La ecuación del constructor de lentes relaciona la distancia focal con los radios de curvatura de sus superficies y los índices de refracción que aparecen como una razón entre la velocidad de la luz en el aire y la velocidad de la luz en el lente, la ecuación la podemos encontrar a continuación Killian (1964):

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{v_a}{v_g} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \quad (2-20)$$

Donde la razón v_a es la velocidad de la luz en el aire y v_b es la velocidad de la luz en el lente, esta relación nos va a representar el índice de refracción en el medio como se presenta en Hecht (1999).

2.3. Aspectos pedagógicos

El estudio de la física, se presenta con frecuencia para la mayoría de los estudiantes, como un formalismo teórico descrito mediante modelos matemáticos, que se limitan a las actividades propias del aula junto con una memorización de ecuaciones Galvis (2004). En la práctica académica de la física, se presentan dificultades para vincular este estudio de aula con los procesos que a diario se observan en la naturaleza, en términos de relación de los conceptos con su cotidianidad. Como lo refiere Giordan (2002) estas aproximaciones son consideradas aburridas en la escuela, en particular en la enseñanza secundaria y, en ocasiones, les es imposible a los estudiantes relacionar y aplicar lo aprendido en el aula, haciendo de ello algo práctico y útil en la vida cotidiana; esta situación bien podría llevar a desmotivación de los jóvenes por comprender claramente las ciencias generando una brecha entre lo que se aprende en el aula y el diario vivir.

Se pueden atribuir dos factores a este problema: por un lado, los estudiantes, en general se encuentran en un mundo inmerso con todo tipo de información que ha generado facilismos en el estudio y una notoria reducción en la investigación y el análisis de situaciones. Por otro parte, como lo plantea Vargas (2001), algunos docentes en ciencias no encuentran una mejor manera de educación que el trabajo magistral en el aula, y la utilización de prácticas de laboratorio que no combinan las ciencias físicas con el mundo que rodea a los estudiantes Vargas (2001). Se continúa impartiendo primero la matemática que trae los conceptos físicos antes de la explicación del concepto como tal, sembrando en el estudiante la idea de que la Física es Matemática Aplicada Galvis (2004). Esto sumado a la práctica en la cual el docente

se ha dedicado a diseñar simulaciones de fenómenos sin que el estudiante pueda interactuar y comprender en su entorno el proceso físico que se está enseñando.

Es allí donde el modelo constructivista toma vital importancia ya que plantea la teoría de la relación entre el hombre, el conocimiento y el cómo se aprende Savery and Duffy (1998) aportando elementos importantes para tomar decisiones en relación a qué hacer en el aula y cómo hacerlo a la vez que permite generar experiencias que llevan aprendizajes que van a estar vigentes mientras no entren en conflicto con experiencias nuevas. Así, el constructivismo actual habla de procesos en los que quienes aprenden, y también sus pares y sus guías más avanzados, actúan todo el tiempo en ambientes ricos en los que viven experiencias que les facilitan hacer cada vez más compleja su comprensión de lo que sea que estén en proceso de aprender, a medida que lo demuestran en la acción Ordoñez (2004). Para Vigotsky (1986), el aprendizaje es mediado por el lenguaje y sucede cuando el individuo internaliza las formas de interacción social, por ejemplo de una disciplina, hasta convertirlas en propias; en otras palabras, discutir con otros sobre física permite aprender física.

No escapa a esta situación el componente temático de la óptica geométrica. Las características actuales de los ambientes de aprendizaje, la carencia de instrumentos y elementos de laboratorio, la ausencia de didácticas efectivas para la enseñanza del tema, entre otros factores; han permitido que el tema en cuestión requiera de una didáctica efectiva como lo plantea Dino and Molina (1991) y es por ello que el objeto de este trabajo es el de presentar e implementar una propuesta didáctica que permita un mayor acercamiento de los estudiantes de educación media a la óptica geométrica de forma tal que se evidencie el uso de este conocimiento en la vida cotidiana de los educandos.

En el marco de las orientaciones establecidas por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en Colombia, a través de los Estándares para la Enseñanza de las Ciencias Naturales, se presentan los lineamientos, establecidos para cada grado de escolaridad, se define el quehacer de enseñanza de las ciencias, los temas y contenidos mínimos que se deben abordar y los aprendizajes que los estudiantes deben adquirir en términos de competencias y conocimientos. Estos desempeños relacionan los ejes articuladores de las ideas científicas, los procedimientos básicos de la ciencia en cada nivel de educación y las situaciones en las cuales se espera que los estudiantes desarrollen y pongan en práctica dichas ideas y procedimientos.

Dentro de los componentes temáticos, se encuentra la óptica geométrica, tema que hace parte de la óptica y que trata, a partir de representaciones geométricas, los cambios de dirección que experimentan los rayos luminosos en los distintos fenómenos de reflexión y refracción Bautista (2007). Este tipo de conocimiento requiere, para un mejor aprendizaje, la realización de laboratorios prácticos en los cuales los estudiantes tengan una mayor participación en el proceso de adquisición del conocimiento específico a través de la experimentación.

En el momento existen claras evidencias de los problemas que se presentan para realizar tales laboratorios, bien sea por falta de instrumentos, escasos materiales o materiales de alto costo y mucho riesgo de manipulación para los estudiantes o tramitologías excesivas para el uso de equipos y materiales; todo esto sin mencionar la falta de aplicabilidad de algunos temas de tal suerte que el conocimiento va quedando sólo en la práctica y no se puede llevar a otros espacios de la vida cotidiana. No se trata de encontrar nuevas formas de enseñar lo que ya se ha enseñado sino que se busca encontrar alternativas para enseñar y establecer nuevos contenidos Meester and Kirschner (1988).

En este sentido, se plantea la necesidad de elaborar una propuesta didáctica que permita, mediante la elaboración de materiales hechos por los estudiantes, con materiales reciclados y de bajo costo y la realización de prácticas de laboratorio para el aprendizaje de óptica geométrica. Esta propuesta toma como modelo el constructivismo ya que pretende potenciar la creatividad de los estudiantes a través de su participación activa en el desarrollo de los laboratorios que bien podrían llevarse a cabo a través de guías de trabajo específicas, que dirijan paso a paso las actividades intelectuales y manuales a realizar Salinas (2000), se pretende entonces optar por caminos menos guiados, que propicien una mayor autonomía de los estudiantes y requieran de mayores dosis de creatividad.

Partiendo del marco referencial propuesto por las políticas públicas para la enseñanza de las ciencias, y en concordancia con el objeto de la presente investigación, se toma como referente pedagógico el modelo constructivista en tanto que se identifica con la esencia misma del planteamiento gubernamental para tal efecto. Entiéndase que se parte de la curiosidad del ser humano por los seres y los objetos que nos rodean, en la escuela se pueden practicar competencias necesarias para la formación en ciencias naturales a partir de la observación y la interacción con el entorno; la recolección de información y la discusión con otros, hasta llegar a la conceptualización, la abstracción y la utilización de modelos explicativos y predictivos de los fenómenos observables y no observables del universo MEN (2014).

Es importante recordar que las distintas tendencias constructivistas coinciden en que el conocimiento no es el resultado de una simple copia de la realidad preexistente, sino de un proceso dinámico e interactivo a través del cual la información externa es interpretada y reinterpretada por la mente que va construyendo progresivamente modelos explicativos cada vez más complejos Garzón (1999) esta corriente socio-constructivista además considera que el aprendizaje se estimula y activa en una variedad de procesos mentales que afloran en el marco de la interacción con otras personas en diferentes contextos y que siempre es mediada por el lenguaje Mazzarella (2001). De allí, que este trabajo plantea la importancia de diseñar una propuesta didáctica de laboratorio en la cual los estudiantes hagan parte del proceso de elaboración del constructo epistemológico mediante la vinculación de su saber previo, la

utilización de materiales reutilizables y de bajo costo, y la participación en trabajos colaborativos, de manera tal que se reafirme la noción de competencia que propone que quienes aprenden, encuentren significado en todo lo que aprenden.

Capítulo 3

Metodología

En este apartado se abordan la información pertinente a la práctica empírica de la investigación, incluye el diseño metodológico, los participantes, los instrumentos y los procedimientos llevados a cabo.

3.1. Contexto

Esta experiencia inició en el año 2012, con un grupo de estudiantes del grado once del colegio Nuevo Kennedy (hoy denominado Colegio Fernando Soto Aparicio IED), Institución Educativa Distrital de la ciudad de Bogotá. La población estudiantil corresponde en su gran mayoría a los estratos uno y dos (según clasificación de orden nacional registrada por el DANE), por tanto los estudiantes tienen recursos económicos muy limitados, es por ello la importancia de la propuesta de trabajar con materiales de bajo costo y que se consigan fácilmente.

El colegio cuenta con un laboratorio, que a pesar de ser un espacio amplio y muy bien iluminado posee muy pocos materiales y equipos para el desarrollo de prácticas (Ver Figura **3-1**). Con el primer grupo, en el año 2012 (Ver Figura **3-2**), lo que se intentó hacer con las lentes fue trabajo totalmente demostrativo de manera tal que se pudiera evidenciar el funcionamiento de las lentes observando la refracción y cómo los rayos de luz eran desviados. Este fue el primer grupo que realizó la actividad con las lentes, las cuales se hicieron con una base en acetato lo cual hacía que fueran bastante inestables, y se limitará la experiencia a un uso de las lentes eminentemente de orden demostrativo (Ver Figura **3-3**).

En el año 2013, viendo que las lentes podían tener grandes potencialidades se decidió ver cuáles eran las dificultades que se presentaban, una de ellas era el soporte en el cual se pegaban las lentes por lo que se decidió cambiar por un material que proporcionara mayor estabilidad a estas, por ello se utilizó vidrio, pedazos de 15 cm por 25 cm con un costo



Figura 3-1: Equipo disponible en laboratorio.

aproximado de mil pesos cada uno, esto hizo que los lentes fueran más estables y se pudieran trabajar mejor, iniciando una exploración de lo que se podía hacer con ellos.

En ese año se realizaron los mismos experimentos realizados en años anteriores pero al observar que se podían manipular mejor, llevó a poder realizar experimentos como hallar el foco de los lentes y también un laboratorio sobre refracción obteniendo resultados y con un margen de error aceptable como se puede observar en los resultados. Es importante aclarar que inicialmente los lentes se hicieron de carácter demostrativo.

Para el año 2014, tomando en cuenta la experiencia del año anterior, se decidió realizar los mismos experimentos pero siendo más meticulosos en las medidas y en la elaboración de los lentes para disminuir el error. Como los estudiantes podían ver que sus lentes funcionaron mejor, se hizo que el proceso de construcción fuera más lento pero seguramente se podían obtener mejores resultados.

Las prácticas realizadas tenían como finalidad la elaboración de un instrumento óptico que no tuviera lentes comprados, si no elaborados por los mismos estudiantes hechos con materiales reciclados y de bajo costo, sin embargo, se encontró dificultad en la formación de imágenes, lo que llevó a hacer esta práctica de forma demostrativa, adicionalmente se determinó el índice de refracción y cálculo del foco como se menciona en la sección 3.4.2 y 3.4.3.

De forma simultánea con el grupo de astronomía exploraron diversos contenidos temáticos básicos de la ciencia, los cuales hicieron converger aspectos teóricos y prácticos en la astrofotografía, en esta etapa, el grupo se encontró con nuevos términos y conceptos los cuales

a. Participantes 2012



b. Participantes 2013



c. Participantes 2014

**Figura 3-2:** Algunos de los participantes en las actividades propuestas.

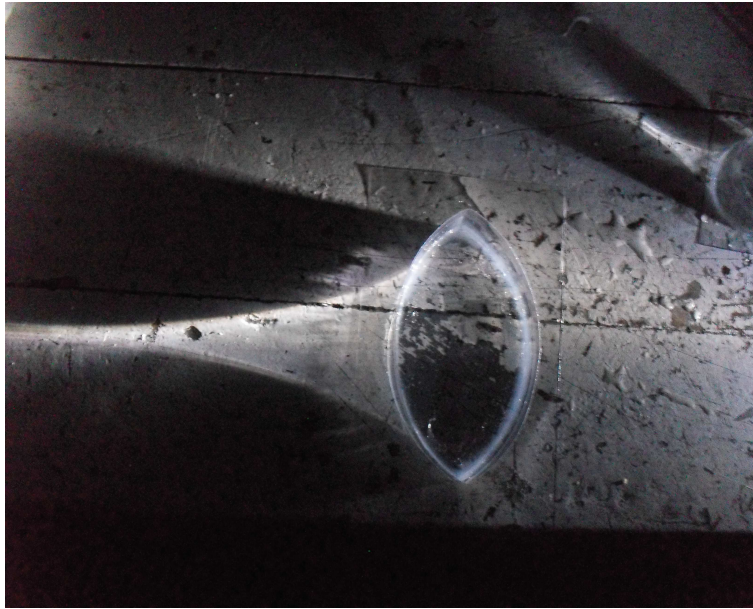


Figura 3-3: Lentes realizados con estudiantes en el año 2012.

causaron dificultad especialmente para los estudiantes de grados inferiores, temas tales como distancia focal, tiempo de exposición, entre otros.

Teniendo en cuenta las dificultades presentadas, se da inicio a la creación de esta propuesta didáctica con el objetivo de abordar diversos conceptos básicos de una manera práctica e interesante para estudiantes con diversos niveles de conocimiento y rango de edades en la astrofotografía.

La propuesta didáctica consta de tres actividades, la primera corresponde a la construcción de la cámara estenopeica, en la cual, se trabaja tiempos de exposición y apertura del diafragma, la segunda propuesta es la construcción de una cámara oscura que tiene como finalidad entender el concepto de distancia focal y la última actividad es la elaboración de lentes con el objetivo principal de abordar los conceptos de distancia focal y formación de imágenes.

3.2. Cámara estenopeica

La cámara estenopeica no utiliza sistemas ópticos apoyados en refracción, los rayos de luz procedentes de los objetos no son desviados por ninguna lente, sino que siguen una trayectoria recta desde el objeto hasta la película, y se basa en la captación de imágenes con cámaras oscuras en la que la luz entra por uno o varios agujeros que llamaremos estenopo como se

menciona en Casado and Serra (2009).

3.2.1. Imagen cámara estenopeica

Estas cámaras ofrecen unas imágenes con falta de nitidez que se debe a las cualidades de la atmósfera, pero este tipo de fotografía da la posibilidad de realizar diferentes tipos de diseño en la cámara que da la posibilidad de dejar volar la imaginación y alterar la perspectiva geométrica central.

También se debe tener unos largos tiempos de exposición que puede ir de unos segundos hasta varios minutos dada la poca luminosidad que tienen, debido al pequeño diámetro del estenopo, confiere una profundidad de campo ilimitada que nos permite tener todo a foco desde unos pocos centímetros hasta el infinito como se menciona en Casado and Serra (2009).

3.2.2. Construcción de la cámara estenopeica

Para realizar su construcción se deben conocer elementos como distancia focal, el ángulo de cobertura y el diámetro de estenopo ya que las medidas de estos elementos están relacionadas entre sí e influyen en la imagen final que se desea obtener como se menciona en Pereyra (2015).

La distancia focal es igual a la distancia que hay entre el orificio o estenopo al plano focal que es donde se forma la imagen como se puede observar en la Figura 3-4.

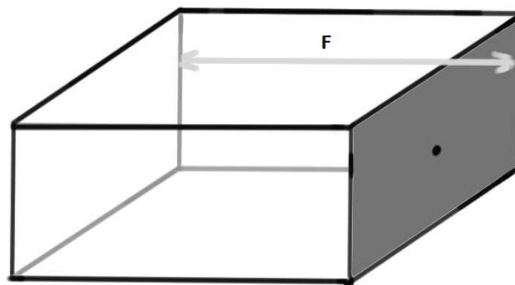


Figura 3-4: Distancia entre el estenopo y el plano focal.

El ángulo de cobertura es la escena que se abarca con la cámara, la relación entre la distancia focal y el ángulo de cobertura es inversamente proporcional, a menor distancia focal vamos a tener un mayor ángulo de cobertura y viceversa como se puede observar en la Figura 3-5.

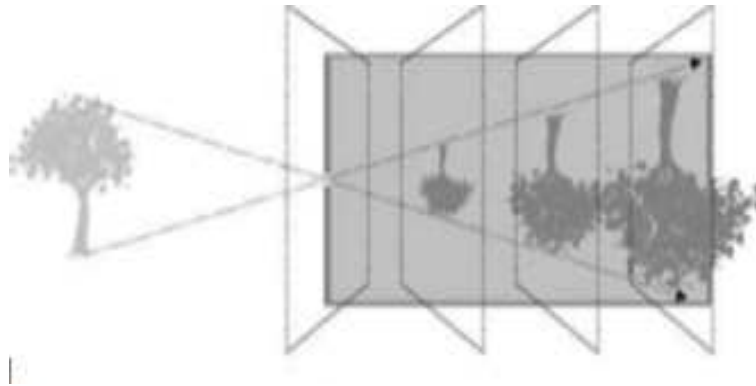


Figura 3-5: Cambio de ángulo de cobertura según la distancia focal.

Se puede calcular el ángulo de cobertura de la siguiente manera:

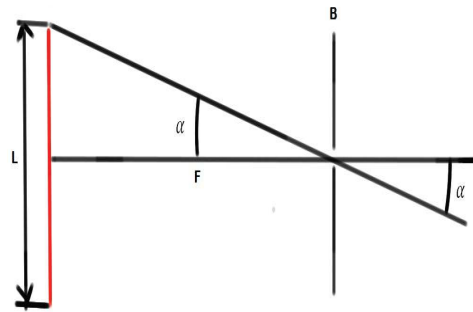


Figura 3-6: Cálculo ángulo de cobertura donde B es el estenopo, F es la distancia focal y L ancho de la película.

En la Figura 3-6 se puede definir, L como la anchura de la película y F la distancia Focal y se puede decir que:

$$\alpha = \arctan \left(\frac{L}{2F} \right) \quad (3-1)$$

Por tanto el ángulo de cobertura es:

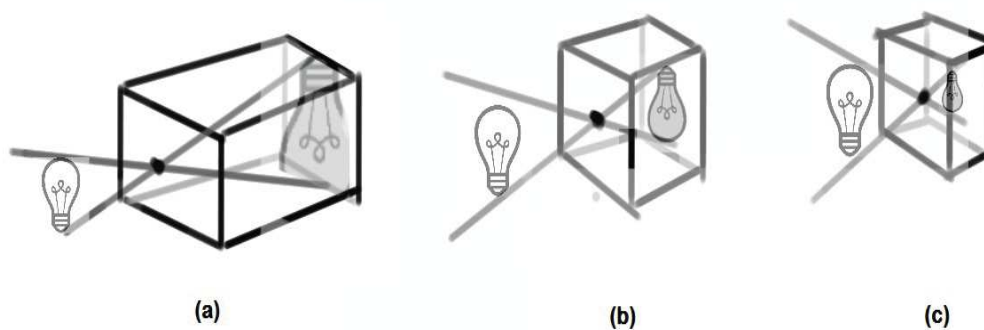
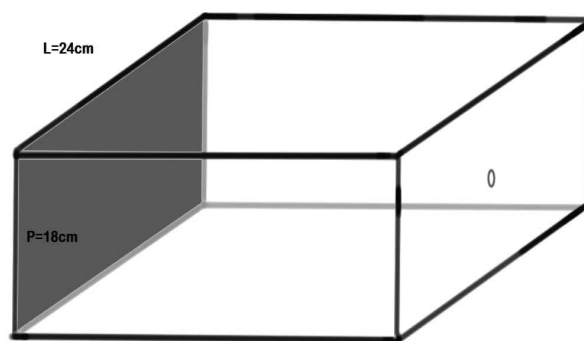
$$\alpha = 2 \arctan \left(\frac{L}{2F} \right) \quad (3-2)$$

Y se puede tener las siguientes consideraciones para poder construir la cámara de acuerdo a los resultados que esperamos en la imagen, en la Tabla 3-1 se puede observar los valores según el F y en la Figura 3-7, se puede observar las diferencias en la imagen según sea elección como se presenta en Vida (2004).

Para la cámara se utilizaron las medidas que se pueden observar en la Figura 3-8.

Tabla 3-1: Valores de la distancia focal F

| | |
|--------------|------------------------------------|
| Angular | $F < \text{diagonal del negativo}$ |
| Normal | $F = \text{diagonal del negativo}$ |
| Teleobjetivo | $F > \text{diagonal del negativo}$ |

**Figura 3-7:** Imágenes con distinta distancia focal F . (a) Angular, (b) Normal y (c) Teleobjetivo.**Figura 3-8:** Medidas caja utilizada

Por tanto el cálculo fue:

$$F = \sqrt{I^2 + L^2} = \sqrt{(18cm)^2 + (24cm)^2} = 29,1 \approx 30cm \quad (3-3)$$

Se aproximó a 30 centímetros ya que los instrumentos de medición que se utilizan facilitan la medida hacia los 30 cm, aunque también se puede adaptar un sistema donde se pueda mover esta distancia dentro de la caja y se pueda jugar con las imágenes obtenidas, esta es una propuesta porque también se pueden hacer cámaras de diferentes formas como por ejemplo cámaras redondas como los ejemplos que están en el cuaderno de fotografía pobre como lo plantea Vida (2004) cuyo único requisito es que esten completamente herméticas a la luz y con su interior pintado o forrado en negro mate para evitar reflejos no deseados como se menciona en Vida (2004).

Como ya se debe tener claro cuáles son las condiciones óptimas que debe tener la cámara se inicia la construcción de la caja donde la armazón se puede realizar en cualquier material que le dé la rigidez necesaria para que la cámara pueda ser transportada y utilizada varias veces; también debe cumplir la condición de oscuridad necesaria para que la imagen se pueda proyectar en el material sensible a la luz.

El camino para construir la cámara va a depender de las condiciones que tengamos a nuestra disposición es por ello que los materiales pueden ser reciclados como cartón, madera, plástico, latas entre muchos otros, no queremos limitar esta exploración y dar total libertad en el diseño de la cámara estenopeica, el resultado de la cámara que se realizó se puede observar en la Figura 3-9, además esta exploración puede motivar a los estudiantes a plantear diferentes diseños y soluciones a los posibles problemas donde la luz pueda entrar por algún lugar a la cámara como se presenta en Vida (2004).



Figura 3-9: Cámara estenopeica construida.

3.2.3. El estenopo

El orificio por donde se va a dejar entrar la luz y es el responsable de la formación de la imagen por tanto se debe ser muy meticolosos para lograr una buena calidad en este, debe mantener una buena relación entre la calidad de la imagen y el tiempo de exposición necesario.

Lo que hace el estenopo es restringir la anchura del haz de luz que proviene de los objetos como se puede observar en la Figura 3-10 y este llega a la superficie sensible formando un punto en la imagen como se menciona en Casado and Serra (2009).

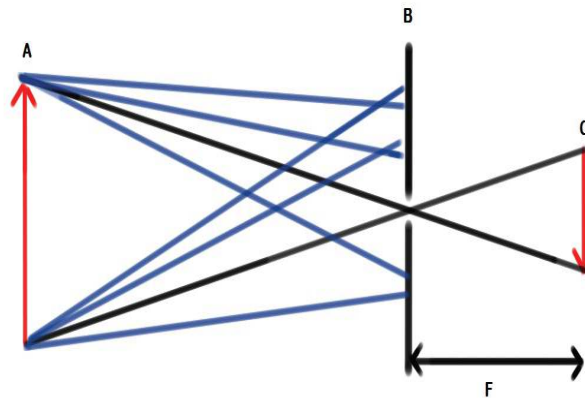


Figura 3-10: Objetos en el Estenopo. A Objeto, B Estenopo, C Imagen y F Distancia focal.

Se podría pensar que entre más pequeño sea el estenopo, se va a obtener una mejor imagen ya que se filtraría mejor el haz de luz y se obtendría una mejor imagen en el material sensible, pero a partir de cierto tamaño inicia a tener una importante consideración el fenómeno de difracción, que se produce en los bordes del orificio, entonces entre más pequeño sea el orificio mayor importancia tendrá el fenómeno de difracción como se puede observar en la Figura 3-11 como se presenta en Casado and Serra (2009).

Tendremos que considerar que el tamaño del estenopo debe ser lo suficientemente pequeño como para tener una formación de imagen aceptable y lo suficientemente grande como para que el fenómeno de difracción no dañe la calidad de la imagen y este margen cambiara de acuerdo a la distancia que se tenga entre la película y el orificio que es comparable con la distancia focal de las cámaras convencionales, existen varias fórmulas para calcular el diámetro del estenopo, donde Jon Grepstad recopila en su página de Internet las más utilizadas (Grepstad (2016)).

Fórmula de Lord Rayleigh, donde d es el diámetro del estenopo, λ es la longitud de onda de la luz y f es la distancia del estenopo al material sensible como se presenta en Grepstad (2016).

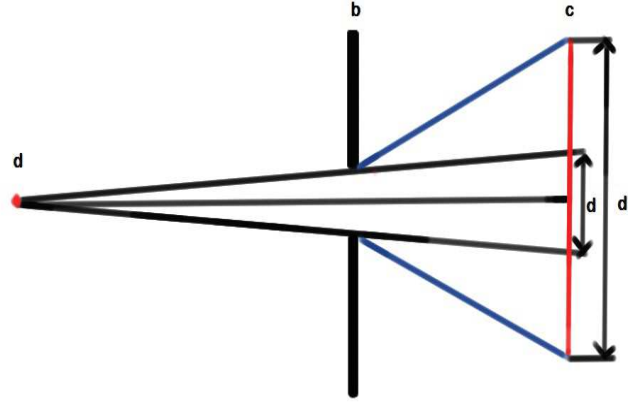


Figura 3-11: Difracción en un estenopo.

$$d = 1,9\sqrt{lf} \quad (3-4)$$

Para la longitud de onda de la luz se utiliza el valor medio, pero tradicionalmente utilizan el valor de la luz amarilla 0.00055 mm, para Renner define el radio del estenopo como r y utiliza una constante que está entre los 0,5 y 1, que se define como k como se menciona en Grepstad (2016).

$$r = \sqrt{lkf} \quad (3-5)$$

Platt utiliza la siguiente formula donde k es una constante que es aproximadamente 1300 como se muestra en Grepstad (2016)

$$d^2 = \frac{f}{k} \quad (3-6)$$

Y Dobson propone la siguiente formula

$$d = \sqrt{\frac{f}{25}} \quad (3-7)$$

Pero Grepstad (2016) en su página de internet utiliza un caso particular de la fórmula de Lord Rayleigh que es:

$$d = \sqrt{0,0016f} \quad (3-8)$$

Es recomendable hacer el estenopo en un material que sea consistente para que no se deforme fácilmente, en este trabajo se utilizó metal en este caso de una lata de gaseosa y agujas de coser ya que éstas vienen dadas en tamaños y las medidas son estándares según su número y se puede obtener una escala según su número como se presenta en Grepstad (2016).

Para este trabajo se realizaron dos estenopos para poder ver como los tiempos de exposición cambian cuando entra más o menos luz, se hizo uno con una aguja número 7 que es el ideal para la caja, y otro con una aguja 14; se realizó de esta manera para poder percibir el cambio ya que las diferencias son pocos notables a simple vista, en la Tabla **3-2** se encuentra el diámetro del orificio que puede dejar cada aguja.

Tabla 3-2: Tamaño de orificio en el estenopo según número de aguja

| Nº Aguja | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 |
|-------------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|
| Orificio mm | 0,9 | 0,8 | 0,73 | 0,66 | 0,58 | 0,51 | 0,46 | 0,4 | 0,35 | 0,33 | 0,3 | 0,25 |

Para hacer el agujero se pone el metal entre dos pedazos de cartulina se hace una punción y luego se utiliza una lija muy fina para quitar algún posible residuo que pueda haber quedado, y por ultimo con una lupa se puede verificar su redondez.

3.2.4. El diafragma

Define la relación entre la distancia que recorre la luz desde el estenopo hasta el plano focal como se puede observar en la Figura **3-12** y si se conoce este valor, se puede calcular el tiempo de exposición que también depende de la sensibilidad que tiene nuestro papel fotográfico que viene ya definido cuando se compra, y está definido por la siguiente relación.

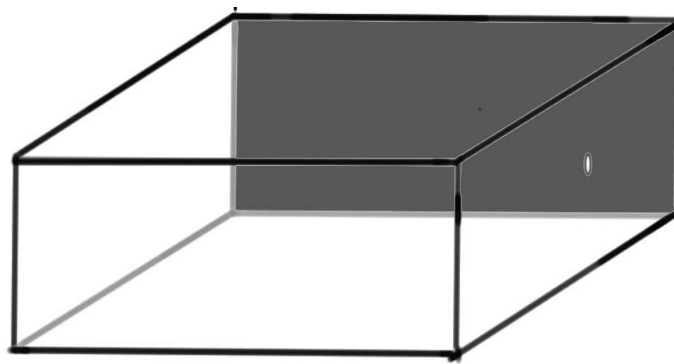


Figura 3-12: Distancia F del estenopo hasta el plano focal.

$$n^{\circ} f = \frac{f}{d} \quad (3-9)$$

Esto lo que quiere decir es que cada vez que se reduce la apertura entra menos luz y cuando se abre va a entrar más luz, en este caso de la cámara estenopeica no podemos abrir o cerrar el diafragma pero al conocerlo se puede hacer correctamente el cálculo del tiempo de exposición.

Ahora también puede ayudar a determinar cuál va a ser el tamaño ideal para el diafragma por ejemplo para este caso se construyó una caja en formato de 18 cm por 24 cm, como se puede observar en la Figura 3-13.

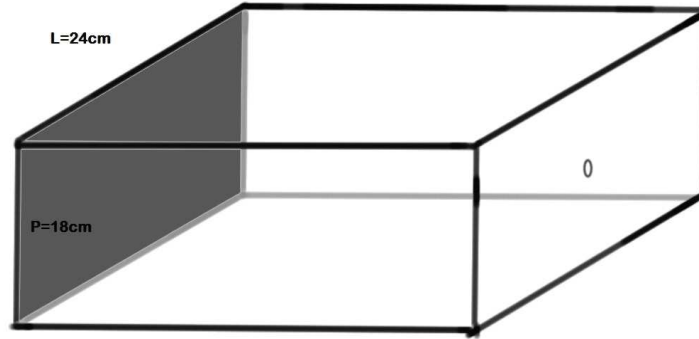


Figura 3-13: Formato de la caja construida.

Teniendo en cuenta la distancia focal calculada en la Ecuación 3-8 y que para esta caja se utilizaron 30cm, se puede calcular el tamaño ideal del estenopo:

$$d = \sqrt{0,0016 \times 300} = 0,69mm \quad (3-10)$$

Por lo cual se podría utilizar una aguja número 7 que tendría el diámetro más cercano a este valor como se puede observar en la tabla 2, ahora el valor del diafragma para esta caja seria:

$$n^{\circ}f = \frac{f}{d} = \frac{300}{0,69} = 439,78 \quad (3-11)$$

Ahora cuan mayor sea el $n^{\circ}f$, menor será la luminosidad que tenga la cámara, es por esto que las cámaras estenopiecas necesitan tiempos de exposición largos, sin embargo el resultado de la operación matemática no corresponden a los valores estándares, por tanto se puede aproximar al valor más cercano de la escala $n^{\circ}f$, que se puede observar en la Figura 3-14.

3.2.5. El obturador

El obturador de una cámara es el que utiliza para abrir el paso de luz o cerrarlo por el estenopo, en este caso se utilizó cartulina negra que se pegó con cinta aislante de color negro dejando una pequeña tira para que se pueda quitar y poner fácilmente y se debe asegurar que no permita el paso de luz por que podría dañar el papel fotográfico, el obturador utilizado se puede observar en la Figura 3-15 como se menciona en Vida (2004).

3.2.6. Estimación del tiempo de exposición

Este depende del material foto sensible que se utilice y de las condiciones que luz que se tengan en el ambiente se hablara primero del material, la sensibilidad se refiere a la capacidad

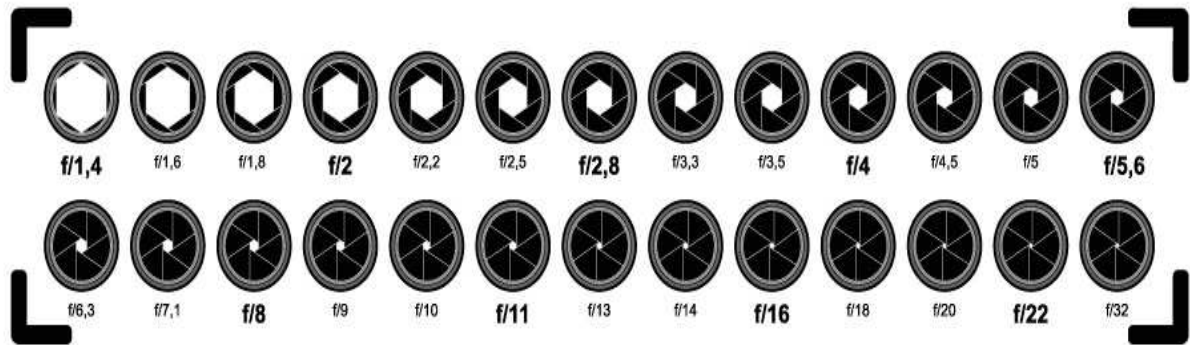


Figura 3-14: Escala $n^{\circ}f$, tomada de la página <http://www.fotolarios.es/2014/06/curso-de-fotografia-7-luminosidad.html>.



Figura 3-15: Foto del Obturador.

que tienen para reaccionar a la luz en un mayor o menor tiempo, el grado de sensibilidad de las placas se determina en A.S.A normas Americanas y D.I.N normas Alemanas, en la actualidad se usan las normas de International Standradization Organization (ISO), para las fotografías generalmente se utilizó papel fotográfico que tiene ISO 3, los grados ISO se calculan de la siguiente manera, cada punto es dos veces más sensible que su anterior y la mitad de sensible que su posterior y los grados ISO son 3-6-12-25-50-100-200-400-800-1600-3200 como se presenta en Pereyra (2015).

Lo ideal para establecer un tiempo de exposición adecuado sería contar con un fotómetro, pero en este caso no se contó con él entonces los tiempo de exposición se fijaron a ensayo y error, anotando las condiciones meteorológicas y los tiempos de exposición, y tomando como referencia el cuaderno de fotografía pobre; logrando en pocos intentos determinar los siguientes tiempos para el estenopo de la aguja número 14 que se pueden observar en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Tiempo de exposición según las condiciones del entorno usando el estenopo de la aguja 14.

| | |
|----------------------------|----------------|
| Despejado y soleado | 2 a 4 minutos |
| Soleado con nubes | 4 a 6 minutos |
| Nublado pero no muy oscuro | 6 a 12 minutos |

Y para el estenopo de la aguja número 7 los tiempos se pueden observar en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Tiempo de exposición según las condiciones del entorno usando el estenopo de la aguja 7.

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Despejado y soleado | 30 segundos a 1 minuto |
| Soleado con nubes | 1 minuto a 2 minutos |
| Nublado pero no muy oscuro | 2 minutos a 3 y medio minutos |

Consejos para realizar la toma:

- Asegúrese que no entre luz en la cámara no estime en esfuerzos en hacer que no entre nada de luz por otro lugar que no sea el estenopo, ya que esto nos podría dañar el papel fotográfico.
- Evite hacer tomas al ras de una superficie.
- Para obtener un mejor resultado lo ideal es tener objetos bien iluminados y el sol debe estar a espaldas de la cámara.

- Es mejor construir cámaras grandes que nos dan tiempos de exposición grandes y con esto tenemos menores riesgos de cometer errores a la hora de manipularlas.

3.2.7. Revelado de las fotografías

Para revelar las fotos es necesario un lugar apropiado que se pueda convertir en un cuarto oscuro, lo importante es que no debe entrar nada de luz ya que velará el papel fotográfico, solo se puede utilizar luz roja, en este caso se utilizó un bombillo tradicional de 60w y se pinto con vitraseta rojo que es una pintura que se utiliza para hacer vitrales y funcionó a la perfección, en la Figura 3-16 se puede observar el cuarto de revelado que se utilizó como se menciona en Pereyra (2015).

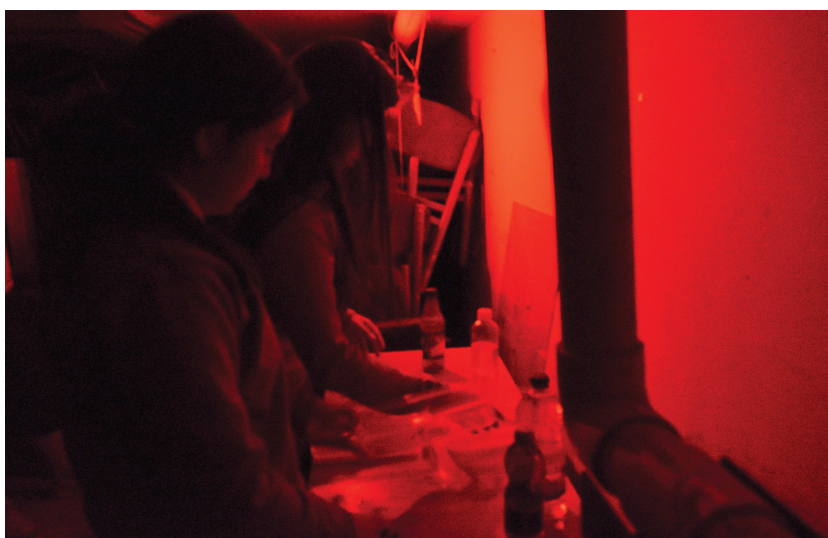


Figura 3-16: Foto cuarto oscuro.

Se necesita como mínimo cuatro cubetas planas de plástico ya que se debe meter el papel fotográfico en ellas, por tanto es importante que asegurase que las fotos puedan entrar cómodamente ya que deben quedar totalmente tapadas de los químicos que se utilizan para revelar como se presenta en Pereyra (2015).

Es imprescindible el revelador que suele contener un alcalino, como el carbonato de sodio, el hidróxido de sodio o el bórax; y un preservador, como el metabisulfito potásico y debe mantenerse lejos de la luz y el aire ya que puede llegar a oxidarse rápidamente; y otro químico que se conoce como fijador que contiene tiosulfato sódico estos dos se consiguen fácilmente en la tiendas de fotografía y el costo es de aproximadamente de diez mil pesos unos tres y medio dólares, y pueden ser reutilizados muchas veces de acuerdo del cuidado que se tenga al almacenarlos, además que se diluyen en agua por tanto pueden durar mucho como se menciona en Pereyra (2015).

Lo ideal es que se tenga en el cuarto oscuro una llave de agua para poder realizar un lavado de las fotografías después de cada proceso, en este caso no la había, por lo cual lo que se hizo fue poner cuatro cubetas donde la primera contiene el líquido revelador, la segunda agua, la tercera el fijador y la última agua, en la Figura 3-17 se puede observar cómo se distribuyeron las cubetas, de izquierda a derecha primero está el revelador, segundo el agua, tercero el fijador y por ultimo agua como se muestra en Pereyra (2015).



Figura 3-17: Foto cubetas usadas para el revelado de las fotografías.

Cuando las fotografías se sacan de la cámara estan blancas, en este caso el papel era brillante por un lado y opaco por el otro, la imagen queda en el lado brillante, este lado debe tenerse en cuenta al momento que se va a introducir el papel al revelador, ya que esté debe estar hacia arriba para que se pueda observar durante todo el proceso como se presenta en Pereyra (2015).

Cuando se introduce la foto en el revelador debe hacerse de manera uniforme para que todo el papel entre al tiempo, ya que, si no se realiza de esta manera las fotos quedan con algunas manchas, en esta cubeta se debe permanecer la foto según la concentración del revelador, para este caso se utilizó por 100 ml de revelador 300 ml de agua, y en la foto al minuto ya iniciaban a aparecer imágenes por tanto el tiempo fue aproximadamente de 7 minutos en esta cubeta; luego para detener el proceso se cambia la foto a la cubeta de agua se sumerge y mueve muy bien para quitarle los restos de líquido revelador.

Luego que la imagen esta lavada se introduce el líquido fijador y el tiempo en esta cubeta también va a depender de la mezcla que se utilice y para este caso fue la misma proporción que en el revelador de tres a uno, el tiempo que debe permanecer en esta cubeta es de aproximadamente siete minutos, luego de este tiempo se pasa a la cuarta cubeta que

contiene agua y se lava muy bien la foto para detener el proceso y se puede colgar la foto para que escurra y se seque como se puede observar en las figuras 45 y 46, es recomendable que durante todo el proceso los estudiantes usen tapabocas, guantes y en lo posible gafas ya que se está trabajando con químicos que se pueden evaporar o salpicar.



Figura 3-18: Estudiantes realizando el proceso de revelado.

3.2.8. Práctica cámara estenopeica

La primera práctica consiste en la realización de la cámara estenopeica para que se puedan cambiar las variables como lo son tiempos de exposición y apertura, ya que, las dos están relacionadas según las condiciones de luz que encontremos en el lugar donde queremos tomar la foto.

Con la cámara que se puede ver en la Figura 3-19, se tomaron diferentes tipos de fotografías cambiando los tiempos de exposición de acuerdo a las condiciones de luz que se tenían, y también se cambió el estenopo para poder observar como los tiempos de exposición y las características de la fotografía cambiaban de acuerdo al tamaño de estenopo.



Figura 3-19: Cámara estenopeica construida por los estudiantes.

La tomas se realizaban en el patio donde los estudiantes tenían la libertad de escoger el lugar para hacer la toma y también decidir el tiempo de exposición que querían darle a la imagen de acuerdo a las condiciones de luz que se observarían en el lugar de la toma, y teniendo en cuenta las recomendaciones que se dieron anteriormente.

Para el estenopo que se realizó con una aguja número 14, la primera toma con la cámara se dio un tiempo de exposición de 8 minutos con un día nublado, y en el revelado se obtuvo la Figura 3-20, como se puede observar hay varios errores en el revelado ya que la imagen no se metió completa al revelador lo que da esas diferencias en la parte superior de la imagen, pero lo interesante es que se podían ver características del auditorio del colegio y de las canchas.



Figura 3-20: Fotografía con tiempo de exposición 8 minutos en un día nublado.

Con la experiencia de toma anterior se podía establecer ya un punto de referencia según las condiciones de luz que podíamos encontrar y teniendo en cuenta este punto de referencia se realizaron otras tomas para ver como cambiaba la imagen según el tiempo de exposición.

La segunda toma se realizó en un día opaco y se le dio un tiempo de exposición de 5 minutos el resultado se puede observar en la Figura 3-21, donde es notable que hace falta tiempo de exposición ya que la foto es bastante clara.

La siguiente toma se realiza en un día soleado los estudiantes deciden cambiar el tiempo de exposición bajándolo ya que las condiciones de luz eran muy buenas obteniendo como resultado la Figura 3-22 y se puede observar que también mejoraron en la técnica de revelado, ya que el papel debe meterse uniformemente en el revelador para que la imagen quede



Figura 3-21: Fotografía con tiempo de exposición 5 minutos en un día opaco.

homogénea.



Figura 3-22: Fotografía con tiempo de exposición 5 minutos en un día soleado.

Con la Figura 3-22, ya se puede ver como la toma va mejorando según el tiempo de exposición y como los estudiantes se van fijando en las condiciones de luz y de acuerdo a ellas establecer un tiempo de exposición adecuado para una mejor toma, muestra de ello es la Figura 3-23, donde se puede observar como mejoraron notablemente los detalles, esta imagen fue en un día opaco pero con algunas muestras de sol, el tiempo de exposición fue de

8 minutos, lo que se puede evidenciar que en unas pocas tomas, ellos según las condiciones de luz pueden fijar un tiempo de exposición aunque sea un proceso un poco demorado ya que la cámara solo toma una foto y luego hay que revelarla y cargar nuevamente la cámara, por eso este proceso se realizó en varios días, debido a que esta experiencia se realizó con los estudiantes del grupo de astronomía.



Figura 3-23: Fotografía con tiempo de exposición 8 minutos en un día opaco.

Después lograr hacer una buena toma con el estenopo de la aguja número 14, se cambia al estenopo que se realizó con la aguja número 7 que sería el valor ideal para la cámara que se calculó anteriormente, mostrando que el estenopo es más grande y los estudiantes solo con verlo pueden apreciar que va a ingresar más luz, y por tanto, se deben bajar los tiempos de exposición, dando a la primera imagen un tiempo de exposición de 2 minutos en un día soleado ya que es notable la luz que entra por este nuevo estenopo como se puede observar en la Figura 3-24, se muestran diferencias entre la luz que entra en los estenopos.

En la Figura 3-25 se puede observar la primera foto con el estenopo de la aguja número 7, debido al corto tiempo de exposición los estudiantes deciden aparecer en la imagen, en la parte (a) se puede observar la imagen y las condiciones de luz y en la parte (b) los resultados de la toma, lo interesante aquí es que la imagen queda invertida.

Las diferencias entre las tomas realizadas con los estenopos se pueden apreciar muy fácilmente en las imágenes, lo que es notable es como los tiempos de exposición bajan considerablemente en las Figuras 3-26, 3-27 y 3-28 se puede observar una imagen tomada con los dos estenopos y con una cámara tradicional para poder observar las diferencias.

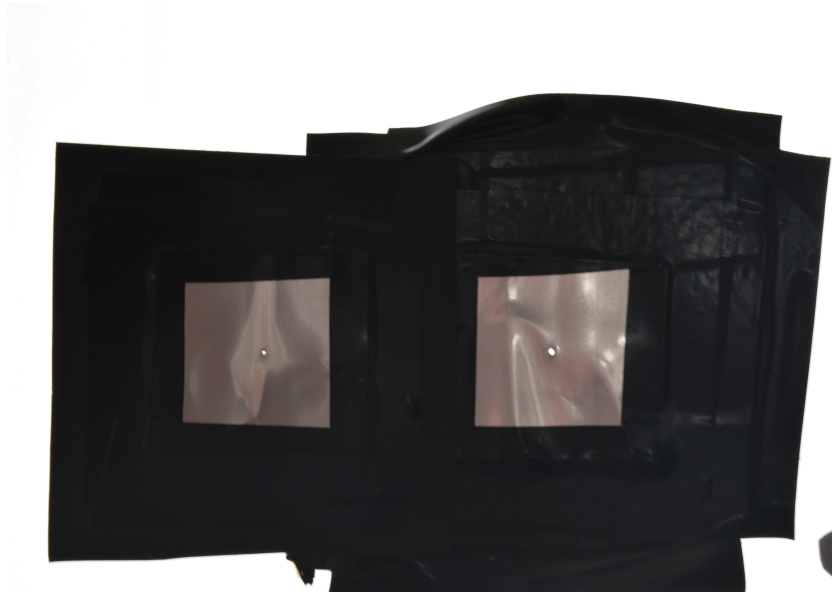


Figura 3-24: Fotografía izquierda estenopo aguja 14 y a la derecha estenopo aguja 7.



Figura 3-25: Izquierda imagen de la toma realizada, derecha toma realizada con la cámara estenopeica.



Figura 3-26: Fotografía tomada con cámara Nikon D3300.



Figura 3-27: Fotografía tomada con estenopo aguja 14, tiempo de exposición 5 minutos en un día soleado.



Figura 3-28: Fotografía tomada con estenopo aguja 7, tiempo de exposición 3 minutos en un día opaco.

Con este estenopo ya se podía saber que los tiempos de exposición bajaban y en la primera prueba se mostró que los tiempos podían estar rodeando los 3 minutos en días opacos y entre el minuto y los dos minutos cuanto había días soleados en la Figura 3-29, podemos observar una toma de dos minutos en un día opaco.



Figura 3-29: Fotografía tomada con tiempo de exposición 2 minutos en un día opaco

Para poder tener un referente se realizó la toma desde el mismo lugar intentando tener las

mismas condiciones de luz y para esto se esperó que fuera un día opaco similar al anterior y se buscó que fuera a la misma hora pero en este caso el tiempo de exposición se aumentó el resultado se puede observar en la Figura 3-30.



Figura 3-30: Fotografía tomada con tiempo de exposición 3 minutos en un día opaco

Con este estenopo fue más difícil fijar los tiempos de exposición según las condiciones de luz, ya que el intervalo es tan corto, por tanto, se debió pasar de los minutos completos al minuto y cuarenta por ejemplo, por eso este estenopo no fue muy agradable de trabajar con los estudiantes y en la práctica pedagógica también dificultó la labor porque ellos podían observar las condiciones de luz pero tenía dificultad con este estenopo en fijar el tiempo de exposición, aunque las imágenes podían presentar mejor definición; pero se puede observar que con el estenopo anterior hay muchos más detalles en las imágenes, esta última toma que se puede ver en la Figura 3-31 fue realizada con el estenopo de la aguja 7 se realizó a unas flores que estaban a un metro de la cámara, esta toma se realizó en un día opaco con un tiempo de exposición de 3 minutos.

3.3. Cámara oscura

Una de las principales inquietudes que queda en los estudiantes es porque las imágenes quedan invertidas y para poder explicar esto se hizo la misma cámara estenopeica pero en vez de poner material sensible a la luz se le iba a poner una pantalla con papel mantequilla como la que se puede ver en la Figura 3-32 para que se pudiera proyectar la imagen, pero como la cantidad de luz que entra es muy poca no se podía ver una imagen clara, lo que podíamos observar eran los bombillos y su forma pero en estos no es clara la imagen, por



Figura 3-31: Fotografía tomada con tiempo de exposición 3 minutos en un día opaco

esto se decidió cambiar el estenopo por una lupa para que así entrara más luz.

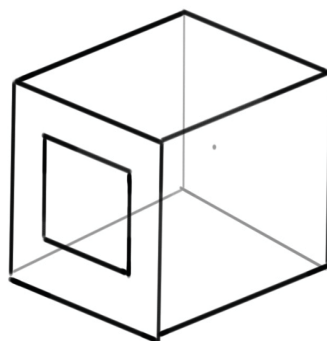


Figura 3-32: Cámara estenopeica con Pantalla

Y construimos una cámara que puede generar imágenes que se ven muy bien en la pantalla para que los estudiantes puedan observar como al inicio de la fotografía se utilizaba para pintar, como se puede observar en la Figura 3-33, esta es la imagen generada con la cámara oscura.

3.3.1. Imagen cámara oscura con lupa

Para la construcción de esta cámara utilizamos como referencia un trabajo que se realizó en Montevideo (Uruguay), por Carlos Angel el que consiste en hacer una visita guiada a estudiantes de ocho años en adelante donde un animador representa un actor de inicios del siglo XX, y realiza un “viaje fotográfico” a través del tiempo, donde uno de sus objetivos es



Figura 3-33: Cámara oscura

transmitir algunos conceptos básicos sobre la fotografía y brindar nociones elementales de fotografía (<http://cdf.montevideo.gub.uy/actividad/fotoviaje-2012> consultado 3 Junio 2016).

Para la construcción de esta cámara se utiliza cartón, cinta adhesiva, silicona, papel mantequilla, tempera negra, pincel, tijeras, lápiz, regla, tubo pvc de tres pulgadas unos 30 cm y una lupa; con la cartulina se hace una caja que va a tener la medidas que se pueden observar en la Figura 3-34.

Se debe pintar el cartón para que el interior de la caja sea negro mate esto para evitar posibles reflejos y la imagen sea mejor, una de la caras de la caja se deja sin tapa y la otra se le deja una tapa que luego va a ser perfora con la medida del tubo pvc para que este tuvo pueda entrar hay y quede fijo.

La lupa se pega al tubo de pvc en uno de los extremos y se asegura con silicona para que la lupa quede fija, en este trabajo se utilizó 20 centímetros de pvc de tres pulgadas, pero esta medida si va a depender de la lupa que se utilice ya que esta media ayuda a aumentar la distancia focal, pero va a depender de la lupa consigamos por tanto la medida del tubo va a depender de la distancia focal que tenga la lupa.

A continuación se asegura el tubo pvc con silicona a la cara donde se había hecho el hueco para luego pegar en la caja como se puede observar en la Figura 3-35 y asegurar muy bien

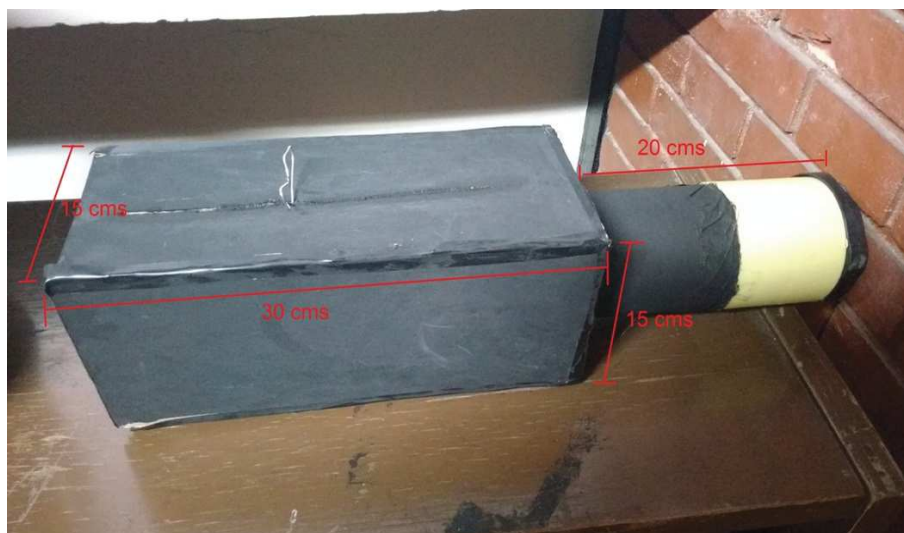


Figura 3-34: Cámara oscura con lupa

esta cara ya que con el peso del tubo de pvc genera un peso que puede dañar la cámara fácilmente por eso debe tener un refuerzo extra.



Figura 3-35: Unión entre la caja y el tubo pvc con silicona

En la cara que no tenía tapa lo que se va a hacer es una pantalla móvil y para esto usamos el cartón y hacemos una pequeña caja que pueda entrar en la cámara y se pueda mover adelante y atrás, para que podamos variar la distancia focal, esta caja solo se le pondría una cara y esta sería el papel mantequilla que va a funcionar como pantalla como se puede

observar en la Figura 3-36.



Figura 3-36: Pantalla cámara Oscura con lupa.

Para que la pantalla pueda ser móvil se hace un pequeño agujero en la parte superior de la caja y la pantalla se asegura en este caso se utilizó alambre dulce como se puede observar en la Figura 3-37.



Figura 3-37: Agujero utilizado para mover la pantalla con alambre dulce.

Los resultados que se obtuvo con esta cámara se pueden apreciar en las Figuras 3-39 y 3-40, lo importante de este ejercicio es que la distancia focal va a cambiar de acuerdo al objeto que estemos observando en la imagen y este concepto es importante, aunque los estudiantes aun no tienen claro que ocurre con los rayos de luz y como se forma la imagen, con esta

experiencia se muestra que cuando tenemos un lente y tenemos objetos a diferentes distancia debemos cambiar la distancia focal para poder tener una imagen con mejor definición, de acuerdo a la distancia a la cual se encuentre el objeto.

3.3.2. Practica 2

La actividad que se realizó con los estudiantes donde ellos se debían parar a diferentes distancias de la cámara y el estudiantes que estaba viendo por la cámara como se puede observar en la Figura 3-38, debían mover la pantalla para poder ver con claridad a los estudiantes.



Figura 3-38: Practica cámara oscura.

Lo primero fue situar a un estudiante cerca de la cámara a 10 metros de ella y los estudiantes con la cámara movían la pantalla adelante y atrás hasta lograr una imagen clara del estudiante, y luego este estudiante se alejaba a 20 metros de la cámara y se hacía el mismo procedimiento los resultados se pueden observar en la figura 3-39 cuando el estudiante se encuentra a diez metros y en la Figura 3-40 se puede observar cuando el estudiante se encuentra a veinte metros de la cámara.

Con esta práctica se pudo observar como la distancia focal cambia de acuerdo a la distancia que tengamos un objeto, lo que no queda claro para los estudiantes es como los rayos de luz viajan desde el objeto hasta la pantalla, y por qué la imagen queda invertida y para aclarar esto se realiza otra practica de lentes hechos con materiales reciclados.



Figura 3-39: Imagen con estudiante a 10 metros.



Figura 3-40: Imagen con estudiante a 20 metros.

3.4. Construcción de lentes

Para realizar los lentes se utilizaron materiales que se pueden encontrar fácilmente en una casa o en un colegio. Se utilizaron botellas PET, preferiblemente de dos litros, se recomienda revisar el estado de la botella que no esté muy maltratada en la parte de la etiqueta ya que es la que se utiliza como parte del lente. Otra recomendación es utilizar botellas que sean lisas (Ver Figura 3-41) ya que una botella con diseños no serviría para realizar el lente; también se requiere de una regla, 40 cm de pita, un marcador permanente, trozo de vidrio de aproximadamente 20 cm por 20 cm, silicona para pegar vidrios, cinta preferiblemente de 4,8mm transparente, tijeras, bisturí y un metro.



Figura 3-41: Botella plástica con abolladuras



Figura 3-42: Botella plástica con superficie corrugada



Figura 3-43: Botella plástica lisa

Después de escoger la botella indicada se inició un proceso de limpieza para poder escoger cual va a ser la parte a utilizar. Primero se retiran las etiquetas y las marcas que tenga la botella, estas etiquetas utilizan un pegante bastante difícil de retirar. Al inicio de la experiencia era una verdadera dificultad ya que se utilizaron detergentes quita grasa y aun así no se lograba quitar en su totalidad el pegante, por lo cual se decidió usar sólo las botellas cuya etiqueta estuviera pegada en el lugar donde la botella tiene una unión (Ver Figura 3-43). Finalmente, una estudiante experimentó con una solución quita esmalte y el pegante fue exitosamente removido sin residuos en el plástico, quedando la botella óptima para trabajar.



Figura 3-44: Botella con pegante en la unión del plástico.

Una vez limpia la zona a trabajar, se dibujó una marca sobre la botella donde posteriormente se cortó. Se escogió la mejor parte, teniendo en cuenta que no hubiese abolladuras (Ver Figura 3-45). Para hacer el primer corte se utilizó un bisturí y se continuó el corte con

tijeras procurando mayor continuidad y un corte más recto.

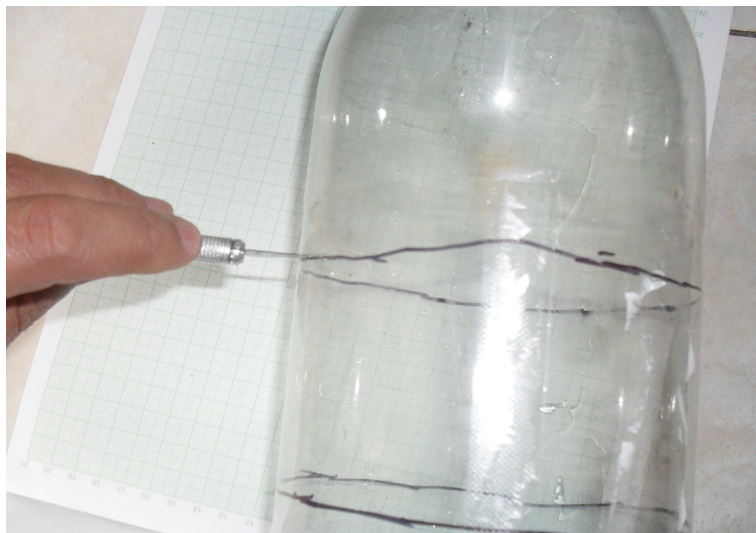


Figura 3-45: Marca en la botella por donde va a ser cortada.

Después de tener lista la zona con la que se elaboraron los lentes se buscó una superficie preferiblemente sólida y lisa donde se pudieran pegar los lentes. En las primeras experiencias se utilizó acetato y aunque pegaba muy bien, sufría deformaciones que no ayudaban en el experimento y hacia los lentes muy frágiles y delicados. Después de tener la superficie seleccionada en ella se establece un centro que va a ser el eje focal, luego con la pita y la regla se establece el radio que se va a utilizar, se debe tener mucha paciencia en este paso porque esta medida va a depender de las medidas de la botella. Se trazó con el marcador el lugar por donde estaba pegada la botella (Ver Figura 3-46) Con cinta se aseguró la botella por el exterior buscando que quedara alineada con respecto al trazo del radio lo mejor posible, después de estar ya asegurada con la cinta se procedió a pegar, con silicona, el interior con el vidrio. Asegurando que quede debidamente distribuida por toda la unión para que después no se tengan filtraciones en el lente (ver Figura 3-47). Se dejó secar el tiempo requerido de acuerdo a la marca de silicona utilizada. Finalmente, se obtiene el lente en condiciones óptimas para ser utilizado.

3.4.1. Formación de imágenes

Este fue el primer experimento que se pensó elaborar con los estudiantes para mostrarles la experiencia y enseñarles qué es un lente y que pudieran interactuar con él para relacionar sus experiencias cotidianas con su conocimiento específico. Este experimento sólo era demostrativo y exploratorio, el montaje se realizó como el que se muestra en la Figura 3-48 donde movemos la imagen sobre el eje principal a diferentes puntos adelante y atrás del foco.

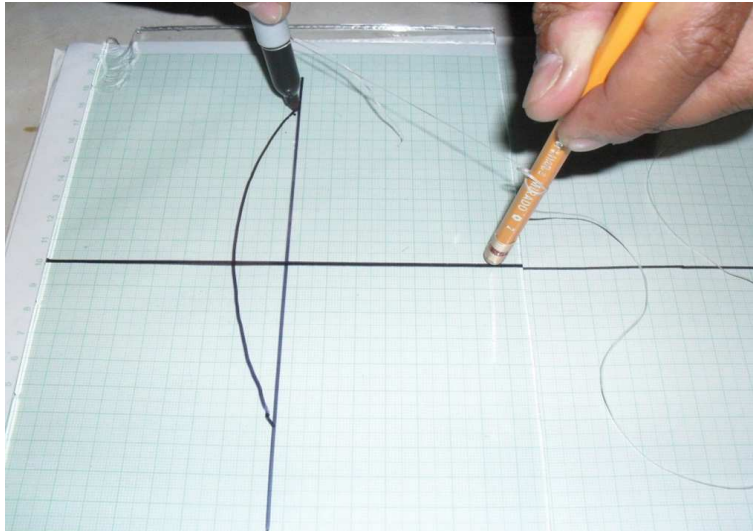


Figura 3-46: Trazo de radio donde se va a pegar la botella.



Figura 3-47: Pegado del corte de la botella al vidrio usando silicona.

En la experiencia de formación de imágenes con los lentes, lo que se hizo fue poner una línea central por donde está el eje focal en el lente y en el papel milimetrado y sobre esa línea se ubicó la imagen y también la cámara, y tomando como distancia el foco teórico que se puede obtener con la ecuación 2-20 del fabricante de lentes, y se colocó la imagen en diferentes puntos antes del foco, en el foco y después de foco y se tomaron las fotografías, la cámara estaba situada justo después del foco.



Figura 3-48: Montaje experimental formación de imágenes.

3.4.2. Refracción

Este experimento nació de la experiencia de haber realizado los lentes varias veces e ir mejorando la forma en que se hacían. Para llevar a cabo este experimento se requirió de: un láser, un transportador, un marcador permanente, regla y un fluido o varios según se desee realizar el experimento, en este caso utilizamos dos: agua y alcohol etílico. Para iniciar, se trazó una línea por el eje focal como (Ver Figura 3-49) y uno de los dos lados del lente se estableció como el punto donde se va apuntar con el láser. Desde ese punto, se trazaron con el transportador los ángulos requeridos para el experimento (Ver Figura 3-50).

Se llenó el lente con el fluido seleccionado y luego, con el láser, se apuntó al lente. Cuando el rayo de luz atraviesa el lente se puede observar en qué punto sale el rayo y se realiza una marca que luego se puede medir con el transportador (Ver Figura 2-17). Es importante que la base del lente sea transparente para que esta medición se pueda realizar con mayor facilidad, tomando varios ángulos y con estos resultados se puede calcular el índice de refracción del fluido con la fórmula (Ver ecuación 2-13).



Figura 3-49: Señalando lugar donde se va a apuntar con el láser.

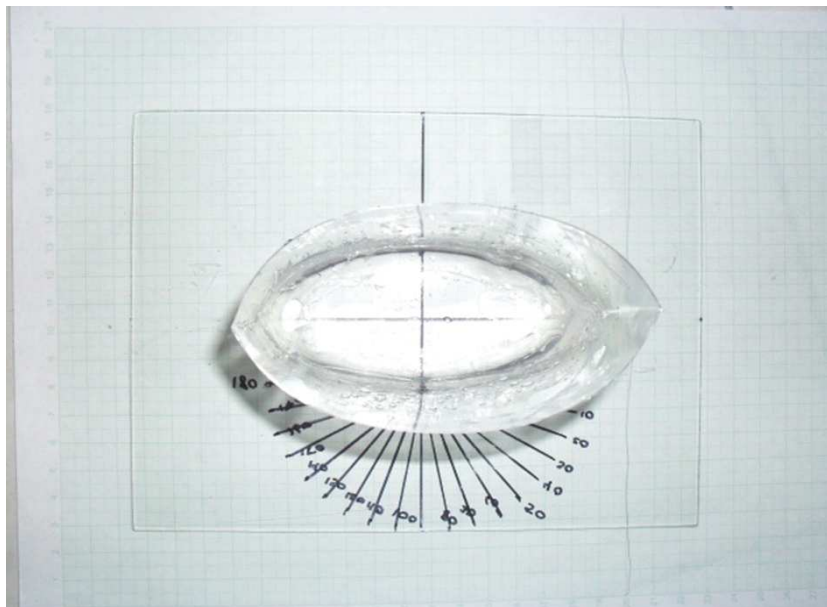


Figura 3-50: Trazado de ángulos desde donde se va a realizar el experimento.

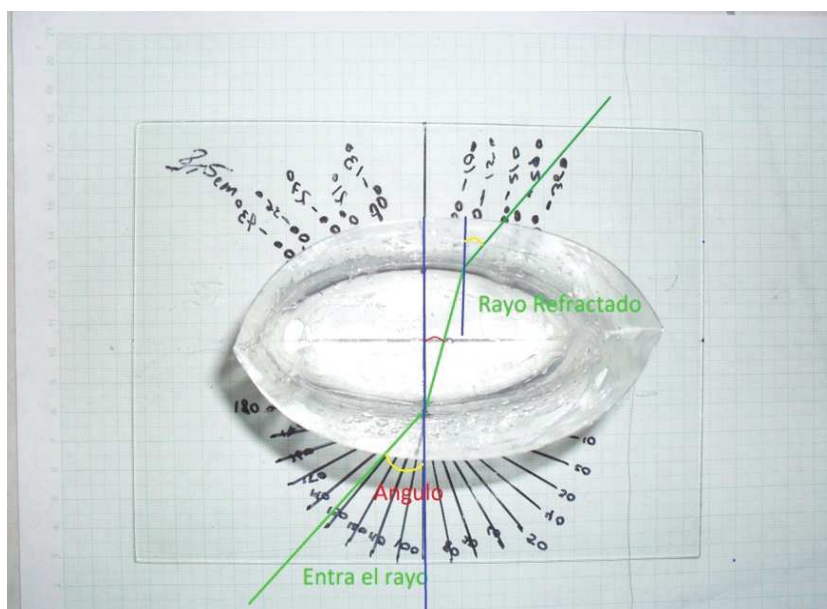


Figura 3-51: Medición de los rayos de luz refractados.

3.4.3. Foco

Otra de las experiencias que se puede realizar con los lentes es determinar el foco del lente. Como a la hora de fabricar los lentes se sabe cuáles son los radios utilizados para su fabricación, con estos datos se obtiene la distancia focal teórica de manera experimental.

Para tomar estas medidas, se trazan sobre el lente dos líneas para podamos alinearlos sobre una hoja de papel milimetrado. La primera línea se debe trazar por donde está el eje focal y la otra línea debe dividir el lente donde los dos radios se encuentran (Ver Figura 3-49). Para tomar la medidas se debe poner el lente sobre la hoja de papel milimetrado alineado y llenar del fluido. Se traza una línea recta antes del lente para saber desde que lugar se va a apuntar con el láser y se marcan los puntos. Después de apuntar se sigue la trayectoria del haz de luz del láser y luego que cruce el lente, se determina donde corta el eje focal y en ese lugar se hace una marca por cada vez que se apunte con el láser (ver Figura 3-52).

3.4.4. Resultados

Se presentan aquí los resultados obtenidos al realizar la experiencia de formación de imágenes con los lentes elaborados por los estudiantes. El montaje experimental se realizó como se pudo observar en la Figura 3-48, y los resultados se pueden observar en la Figura 3-53.

Como se puede observar no se encontró un punto donde no se viera una imagen que es lo que debería ocurrir en el foco, posiblemente es por la forma de la botella ya que la superficie tiene algunas imperfecciones. Sin embargo, sí se puede notar que antes del foco la imagen

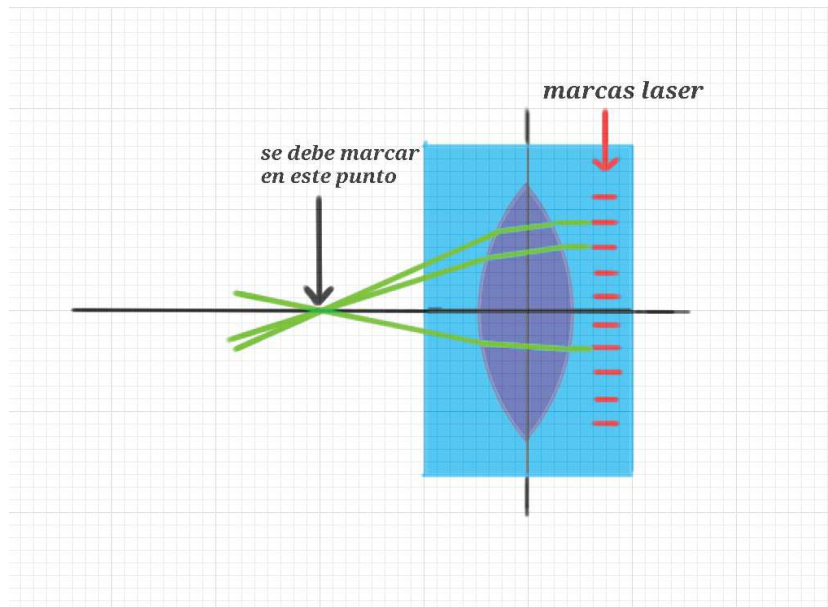
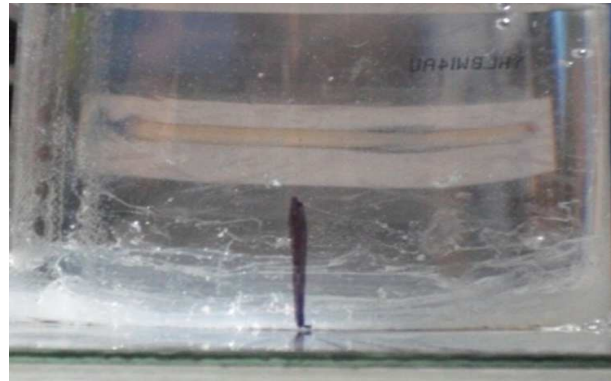


Figura 3-52: Como se realiza el cálculo del foco experimental.

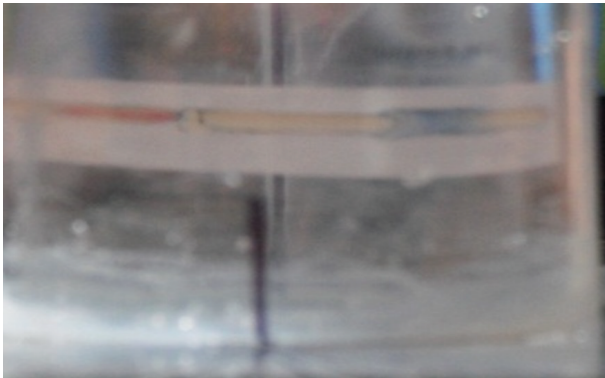
a. Antes del foco



b. Antes del foco



c. En el foco



d. Después del foco

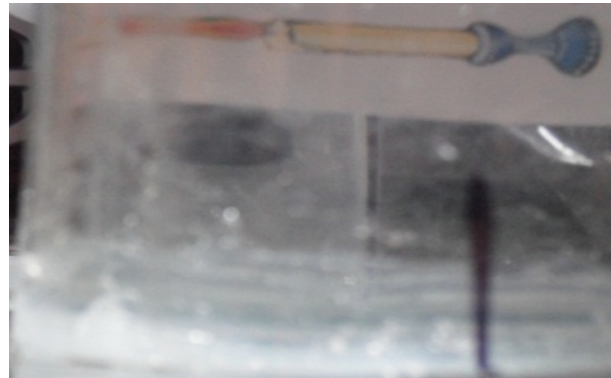


Figura 3-53: Resultados formación de imagen.

es ampliada e invertida, que es el resultado esperado. Por otra parte cuando la imagen se coloca entre el lente y el foco, si hay una imagen y esta imagen es disminuida y no invertida teóricamente no se debería ver ninguna imagen.

3.4.5. Resultados experimentales hallando el índice de refracción

Este experimento solo se realizó con los estudiantes del año 2013 y 2014. El primer año se trabajó con dos grupos del grado once con un total de 89 estudiantes los cuales se dividieron en grupos de cuatro integrantes. Para realizar el laboratorio se dibujan los ángulos como se puede observar en la imagen **3-51** se dibujaron los siguientes ángulos: 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 100°, 120°, 130° y 140°. Se buscaba que todos los grupos trabajaran con los mismos ángulos para poder comparar los resultados al final, también se utilizaron dos tipos de fluido agua y alcohol etílico, a continuación se muestran los resultados obtenidos con el grupo del 2013, resumidos en las tablas **3-5** y **3-6**.

Tabla 3-5: Promedios índice de refracción del agua año 2013.

| Ángulo | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | Promedio |
|--------|------|------|------|------|------|----------|
| Índice | 1,44 | 1,59 | 1,10 | 0,95 | 1,27 | 1,27 |

Tabla 3-6: Promedios índice de refracción del agua año 2013.

| Ángulo | 100° | 110° | 120° | 130° | 140° | Promedio |
|--------|------|------|------|------|------|----------|
| Índice | 1,32 | 1,39 | 1,32 | 1,30 | 1,33 | 1,33 |

Tabla 3-7: Errores índices de refracción para el agua año 2013.

| Agua | | | |
|------|--------------|--------------|----------|
| n | Error Caso 1 | Error Caso 2 | Promedio |
| 1,33 | 4,59 % | 0,04 % | 2,32 % |

El valor que está en la tabla para cada uno de los grados es el promedio que se obtuvo de los 23 grupos, y se hizo en dos partes primero de 40° a 80° y luego de 100° a 140° por que se trabajaron en clases diferentes, estos índices de refracción se hallaron utilizando agua y para el alcohol etílico los resultados son los que se muestran a continuación.

Tabla 3-8: Promedios índice de refracción del alcohol etílico año 2013.

| Ángulo | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | Promedio |
|--------|------|------|------|------|------|----------|
| Índice | 1,56 | 1,53 | 0,91 | 1,24 | 1,96 | 1,44 |

Tabla 3-9: Promedios índice de refracción del alcohol etílico año 2013.

| Ángulo | 100° | 110° | 120° | 130° | 140° | Promedio |
|--------|------|------|------|------|------|----------|
| Índice | 1,02 | 1,26 | 1,95 | 0,74 | 1,45 | 1,28 |

Tabla 3-10: Errores índices de refracción para el agua año 2013.

| Alcohol Etilico | | | |
|-----------------|--------------|--------------|----------|
| n | Error Caso 1 | Error Caso 2 | Promedio |
| 1,36 | 5,49 % | 5,66 % | 5,57 % |

Como se puede observar los errores relativos en promedio son del 3,94% que es un valor aceptable y que permite trabajar con estos lentes de una forma bastante practica al realizar este tipo de experimentos.

Para el año 2014 se realizó la misma experiencia con tres grupos de grado once que en total sumaban 111 estudiantes, estos se dividieron en grupos de 4 estudiantes y en total formaron 27 grupos. Al igual que el año anterior se trabajó con los mismos ángulos y los mismos fluidos, los resultados obtenidos para el agua se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 3-11: Promedios índice de refracción del agua año 2014.

| Ángulo | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | Promedio |
|--------|------|------|------|------|------|----------|
| Índice | 1,34 | 1,45 | 1,23 | 1,34 | 1,20 | 1,31 |

Tabla 3-12: Promedios índice de refracción del agua año 2014.

| Ángulo | 100° | 110° | 120° | 130° | 140° | Promedio |
|--------|------|------|------|------|------|----------|
| Índice | 1,40 | 0,93 | 1,22 | 1,38 | 1,15 | 1,22 |

Tabla 3-13: Errores índices de refracción para el agua año 2014.

| Agua | | | |
|------|--------------|--------------|----------|
| n | Error Caso 1 | Error Caso 2 | Promedio |
| 1,33 | 1,58 % | 8,75 % | 5,16 % |

El valor que está en la tabla para cada uno de los grados es el promedio que se obtuvo de los 27 grupos, y se hizo en dos partes: primero de 40° a 80° y luego de 100° a 140° por que

se trabajaron en clases diferentes. Estos índices de refracción se hallaron utilizando agua y para el alcohol etílico los resultados son los que se muestran a continuación.

Tabla 3-14: Promedios índice de refracción del alcohol etílico año 2014.

| Ángulo | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | Promedio |
|--------|------|------|------|------|------|----------|
| Índice | 0,87 | 1,98 | 1,32 | 1,71 | 1,26 | 1,43 |

Tabla 3-15: Promedios índice de refracción del alcohol etílico año 2014.

| Ángulo | 100° | 110° | 120° | 130° | 140° | Promedio |
|--------|------|------|------|------|------|----------|
| Índice | 1,23 | 1,45 | 1,91 | 1,46 | 1,02 | 1,41 |

Tabla 3-16: Errores índices de refracción para el agua año 2014.

| Alcohol Etilico | | | |
|-----------------|--------------|--------------|----------|
| n | Error Caso 1 | Error Caso 2 | Promedio |
| 1,36 | 4,69 % | 3,75 % | 4,22 % |

Como se puede observar los errores relativos en promedio para el año 2014 corresponden al 4,69 % que es un valor aceptable, y si se compara con los años 2013 y 2014 se obtiene un error relativo promedio del 4,32 % lo cual indica que son bastante útiles estos lentes para poder realizar esta experiencia.

3.4.6. Resultados experimentales hallando el foco de los lentes

Antes de proponer el experimento a los estudiantes se hizo una etapa exploratoria donde se utilizaron los lentes determinando el foco experimental, al inicio se realizó la experiencia para determinar el foco sin embargo, esta presentó un error relativo bastante alto de aproximadamente 77 %, y después se trabajó para poder disminuir este error cambiando los radios: aumentándolos y disminuyéndolos. Se pudo determinar que cuando los radios eran más pequeños es decir la lente era más gruesa los errores aumentaban, pero cuando se aumentaban los radios, la lente se hacía más delgada y los errores disminuían. Se encontró que con botellas de litro y medio con radios en ambas concavidades entre los 7 y 11 centímetros se podían obtener errores relativos inferiores al 20 %, aunque sea un valor alto hay que tener en cuenta que las condiciones en que se realizan estos lentes y las imperfecciones que puede

tener el plástico pueden afectar en gran medida la toma de datos, además lo que se pretende es que sirva de manera pedagógica para que los estudiantes puedan realizar la experiencia.

Para llevar a cabo la experiencia con los estudiantes se decidió que todos los grupos la realizaran con los mismos radios y tomando en cuenta la práctica previa para la fabricación de los lentes se pudo observar que era mucho más fácil la elaboración de los lentes para radios que estuvieran entre los 7 y 11 centímetros, es por esto que se decidió hacer todos los lentes con un radio de 8,5 centímetros en ambas concavidades y que se utilizaran dos fluidos que en este caso fueron agua y alcohol etílico.

Para tomar las medidas se utilizó el método para calcular el foco mencionado en la sección 3.4.3, donde se debían realizar 10 mediciones desde puntos diferentes para obtener 10 resultados por grupo, se promediaron estos dando como resultado el foco experimental. Para calcular el error relativo se halló el foco teórico con la ecuación del constructor de lentes 2-20, ya que se contaba con los dos radios y los índices de refracción de los medios que eran aire, agua y alcohol etílico, como resultado para el año 2013 se obtuvo la tabla **3-17** con los valores para el agua.

Tabla 3-17: Promedio foco utilizando agua año 2013.

| Grupos | Foco (cm) | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 al 12 | 13,57 | 15,83 | 15,62 | 15,19 | 14,80 | 14,44 | 13,43 | 15,66 | 15,67 | 14,43 | 13,92 | 14,24 |
| 13 al 23 | 14,93 | 14,54 | 15,96 | 15,85 | 13,82 | 15,46 | 14,94 | 15,52 | 14,79 | 14,41 | 15,46 | |

Donde el promedio de estos datos fue 14,89 cm y el valor teórico calculado con la fórmula del constructor de lentes fue de 12,87 cm dando un error relativo del 13,51 %. Para realizar el experimento con el alcohol se lanzaban los rayos desde el mismo punto que se realizaron con el agua y los resultados obtenidos son:

Tabla 3-18: Promedio foco utilizando alcohol etílico año 2013.

| Grupos | Foco (cm) | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 al 12 | 15,43 | 14,71 | 15,69 | 15,42 | 14,75 | 13,49 | 14,13 | 13,51 | 13,39 | 13,75 | 13,96 | 14,14 |
| 13 al 23 | 15,74 | 15,71 | 14,2 | 15,36 | 13,97 | 15,66 | 13,80 | 14,85 | 13,89 | 15,12 | 15,84 | |

Donde el promedio de estos datos fue 14,63 cm y el valor teórico calculado con la fórmula del constructor de lentes fue de 11,80 cm dando un error relativo del 19,31 %. Como se pueden

evidenciar en los resultados obtenidos en este año 2013 estuvieron dentro de los resultados esperados.

Para el año 2014 se vuelve a hacer el experimento repitiendo los radios, los índices de refracción y la manera de realizar el experimento, para poder comparar y los resultados obtenidos para agua son los siguientes:

Tabla 3-19: Promedio foco utilizando agua año 2014.

| Grupos | Foco (cm) | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 al 9 | 14,60 | 14,70 | 15,30 | 15,30 | 15,50 | 14,80 | 15,60 | 15,70 | 14,30 |
| 10 al 18 | 14,60 | 14,90 | 15,00 | 15,80 | 15,70 | 14,30 | 15,00 | 15,30 | 14,20 |
| 19 al 27 | 15,40 | 14,70 | 15,30 | 15,10 | 14,10 | 14,50 | 15,90 | 14,80 | 14,30 |

Para este mismo año se utilizó alcohol etílico obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3-20: Promedio foco utilizando alcohol etílico año 2014.

| Grupos | Foco (cm) | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 al 9 | 13,80 | 14,80 | 14,80 | 13,40 | 13,70 | 15,40 | 15,90 | 15,30 | 15,30 |
| 10 al 18 | 15,70 | 12,30 | 13,20 | 12,40 | 15,20 | 15,60 | 15,40 | 14,20 | 15,20 |
| 19 al 27 | 12,20 | 14,10 | 12,50 | 12,50 | 15,10 | 14,40 | 15,90 | 12,10 | 15,10 |

Sacando el promedio de los datos obtenidos para el agua el foco es de 14,98 cm y el valor teórico calculado con la fórmula del constructor de lentes fue de 11,80 cm dando un error relativo de 14,08 %, mientras para el alcohol el promedio fue de 14,27 cm y cuyo valor teórico 11,80 cm obteniendo un error relativo del 17,32 %.

Ahora si se comparan los datos obtenidos en los dos años, el promedio del error relativo es del 16,05 % que es un valor alto que difícilmente se puede mejorar ya que estos lentes se realizan en unas condiciones donde la exactitud a la hora de tomar medidas en la construcción de los lentes es un poco compleja puesto que no se cuenta con los materiales necesarios. Sin embargo, como herramienta didáctica puede ser muy útil por los bajos costos y la facilidad de la elaboración a la vez que puede ayudar a los estudiantes a entender cómo funcionan los lentes y también como cambia de acuerdo con el índice de refracción del fluido utilizado.

3.4.7. Resultados prueba de entrada y salida

De esta práctica se realizó una prueba de entrada y de salida en el año 2014 de tipo diagnóstico (Ver Figura 3-54) ya que es un instrumento que permite identificar el desarrollo de los procesos de aprendizaje de los estudiantes (MEN, 2014), antes de realizar los lentes y los laboratorios. El mismo instrumento se utilizó como prueba de salida lo que permitió identificar los diferentes niveles de desempeño que los estudiantes lograron después de realizar los lentes. Se seleccionó esta prueba por la sencillez de su lenguaje de tal forma que pudieran entender fácilmente y argumentar su respuesta, se cuestiono ¿Cómo funciona una lupa? y el planteamiento de un diagrama que represente el funcionamiento de esta.

Esta evaluación se aplicó a todos los estudiantes del grado once, se realizó individualmente con un total de ciento once estudiantes, en la evaluación inicial se dejó claro que no se tendría en cuenta su respuesta para la nota final, de hecho no se pedía que marcaran con su nombre las hojas para que respondieran de la forma más sincera posible.

Para el diagrama las respuestas fueron diversas y ya que era abierta fue un poco difícil clasificar las respuestas por eso se utilizó el método planteado por Sampieri and Hernández (1997) donde se busca patrones de similitud entre ellos quedando los patrones que se muestran en las Figuras: 3-55, 3-56, 3-57, 3-58, 3-59 y 3-60.

Para el patrón 7 se pusieron todas aquellas respuestas que habían quedado en blanco, los resultados para estas respuestas se aprecian a continuación:

Tabla 3-21: Tabulación de la respuesta prueba inicial.

| Patrón | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------|----|----|----|---|---|----|---|
| Numero estudiantes | 42 | 10 | 13 | 6 | 9 | 26 | 5 |

Como se puede observar en los resultados hay una inclinación por los patrones uno y seis, ya que en este punto según los estándares del Ministerio de Educación Nacional el estudiante debe ya conocer el comportamiento de la luz (MEN (2014)).

Después de realizar los lentes, los experimentos y analizar los resultados obtenidos, se vuelve a aplicar la misma evaluación diagnostica, para poder tener una comparación de como influyeron la realización de los lentes en la respuesta de los estudiantes. La manera de tabular las respuestas fue de la misma manera que la anterior, la evaluación se realizó a 106 estudiantes los que había realizado la experiencia con las lentes y se encontró cuatro patrones que se pueden observar en las Figuras: 3-62, 3-63, 3-64, 3-65.

Los resultados de la evaluación se pueden evidenciar a continuación:

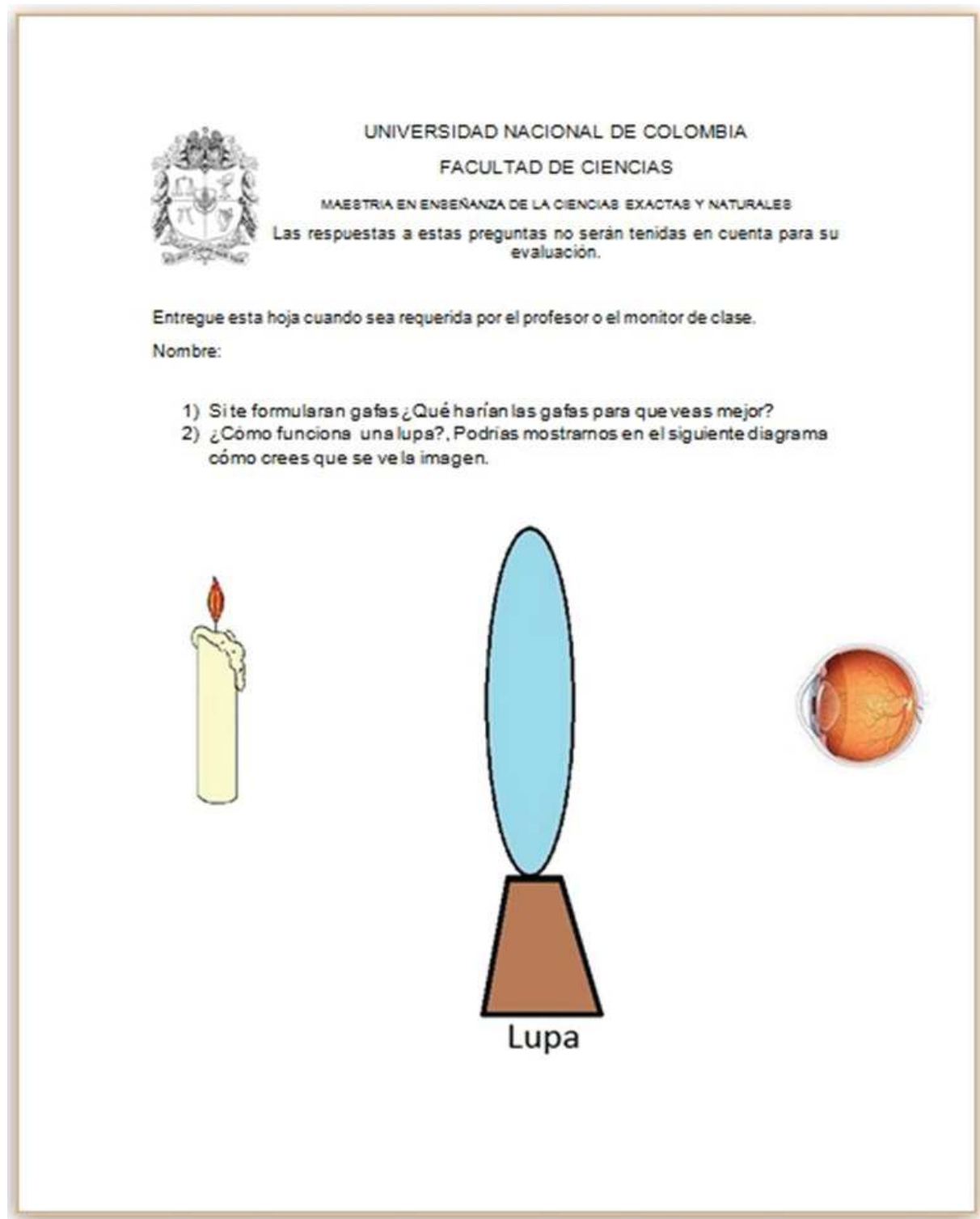


Figura 3-54: Prueba de entrada y salida.

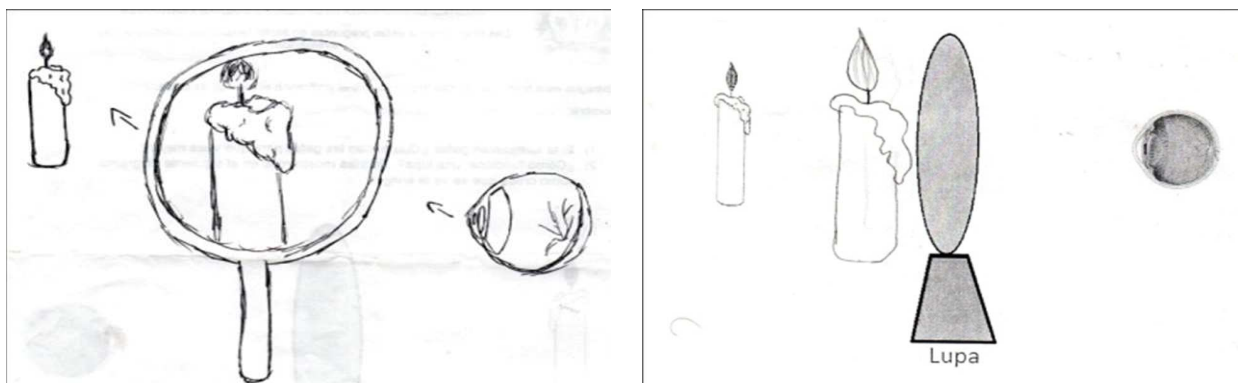


Figura 3-55: Patrón 1.

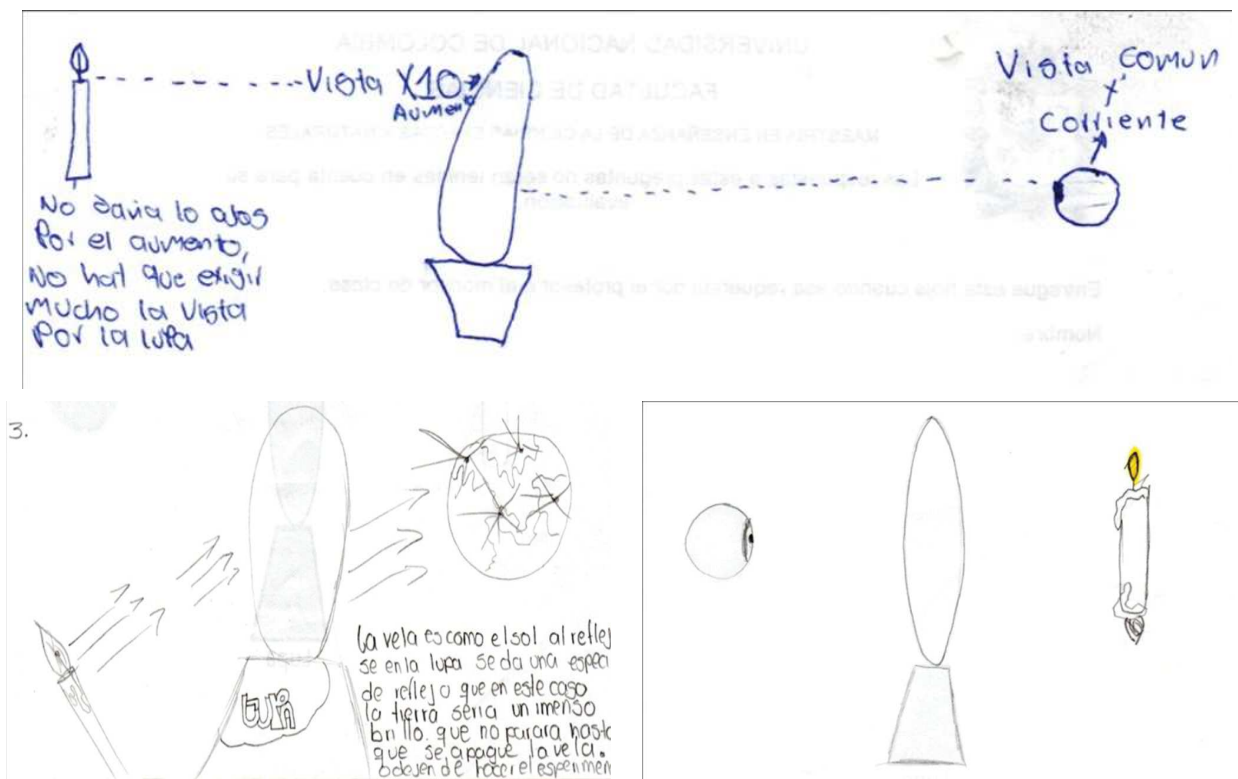


Figura 3-56: Patrón 2.

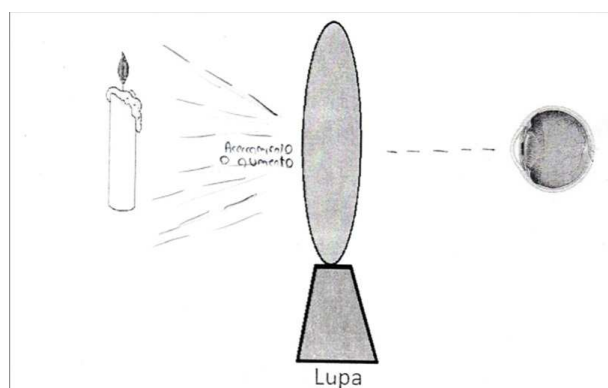


Figura 3-57: Patrón 3.

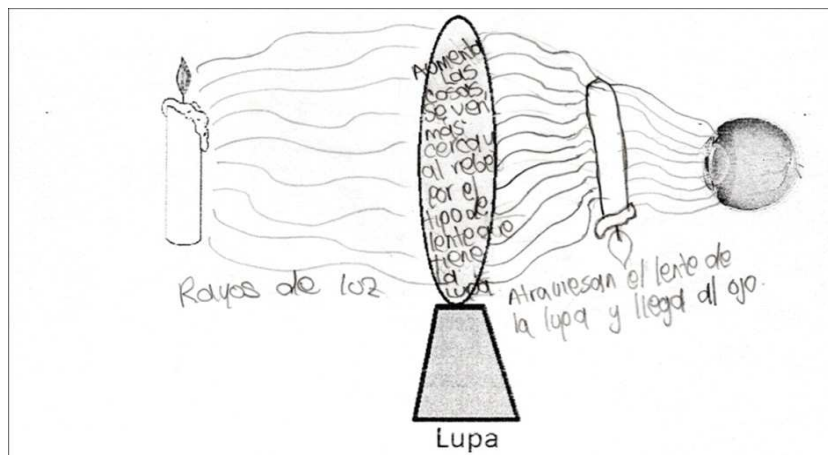


Figura 3-58: Patrón 4.

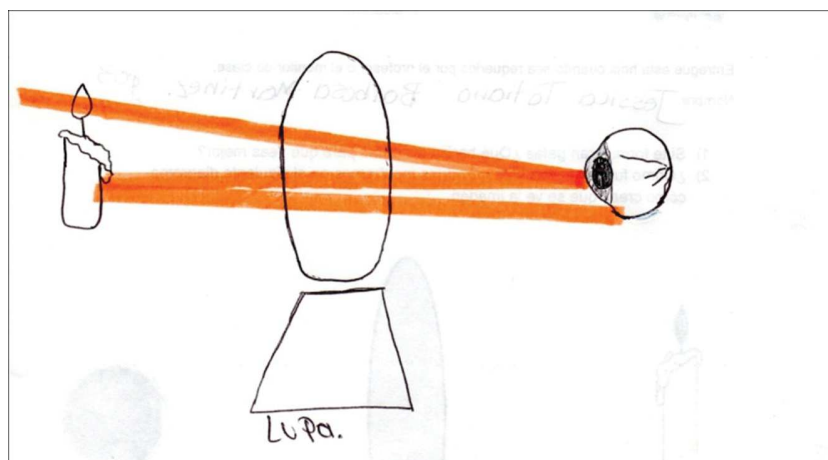


Figura 3-59: Patrón 5.

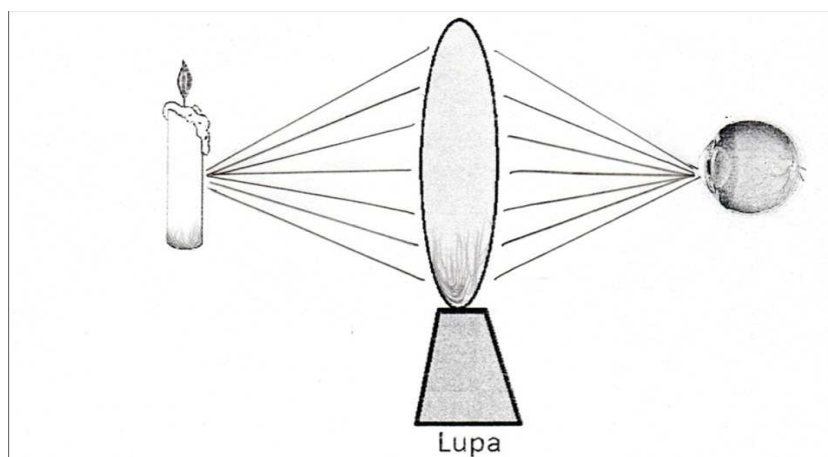


Figura 3-60: Patrón 6.

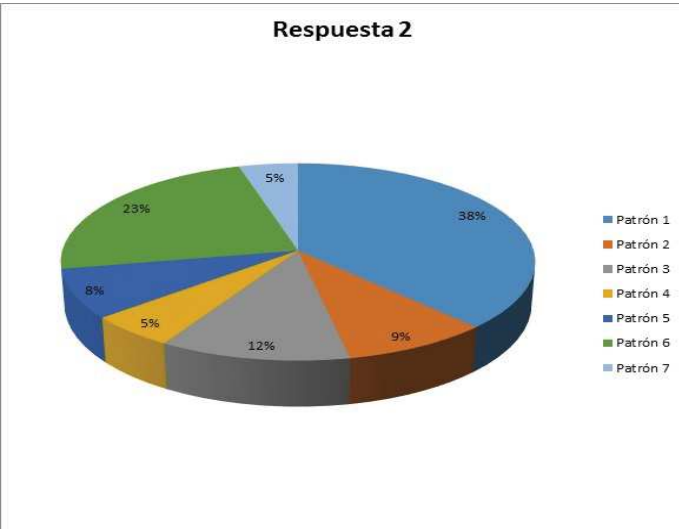


Figura 3-61: Pastel porcentajes de las respuestas en la prueba de entrada.

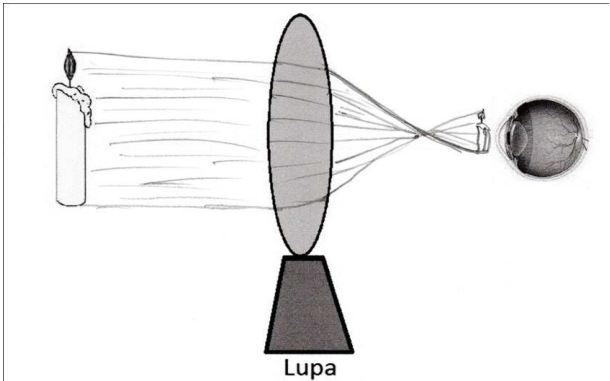


Figura 3-62: Imagen 1 de pregunta 2.

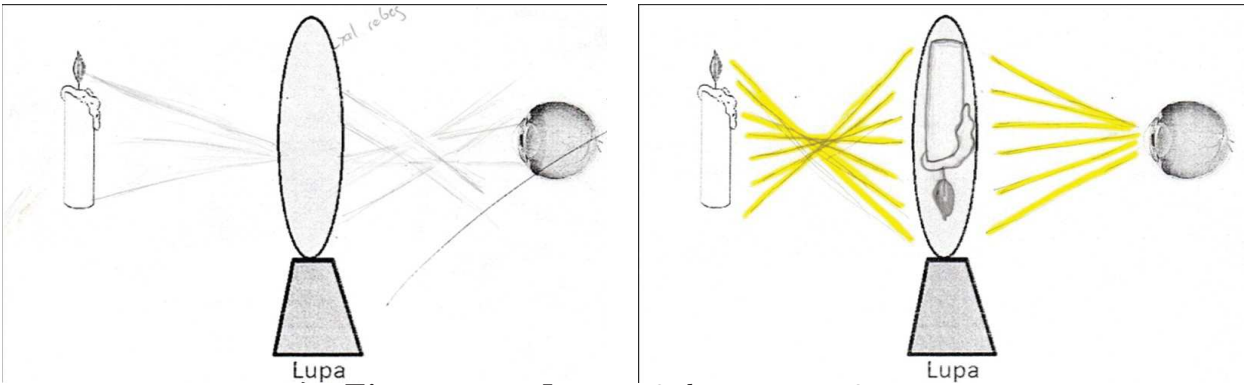


Figura 3-63: Imagen 2 de pregunta 2.

Tabla 3-22: Tabulación de la respuesta prueba de salida.

| Patrón | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|----|----|----|----|
| Numero estudiantes | 11 | 45 | 34 | 16 |

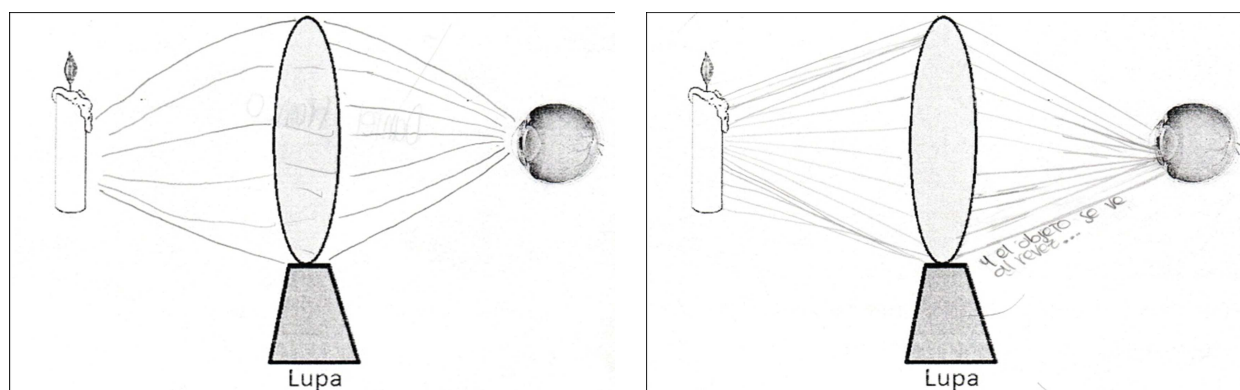


Figura 3-64: Imagen 3 de pregunta 2.

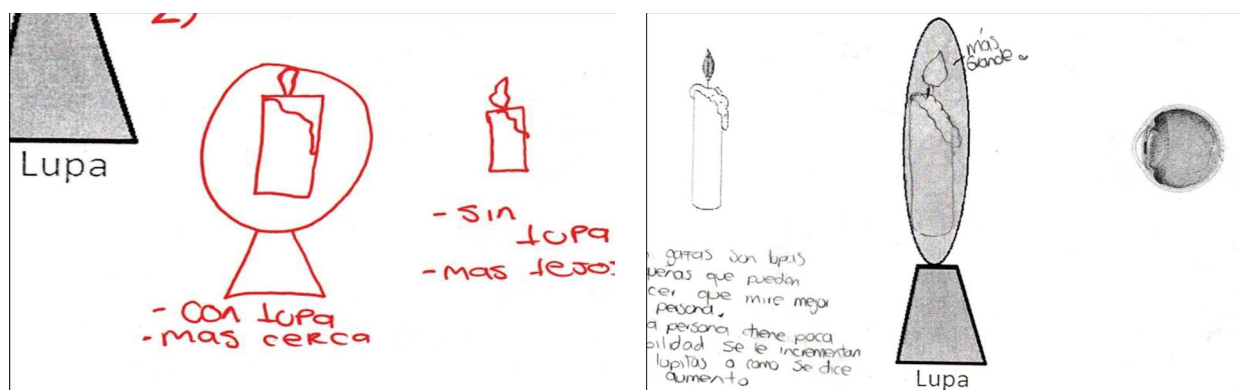


Figura 3-65: Imagen 4 de pregunta 2.

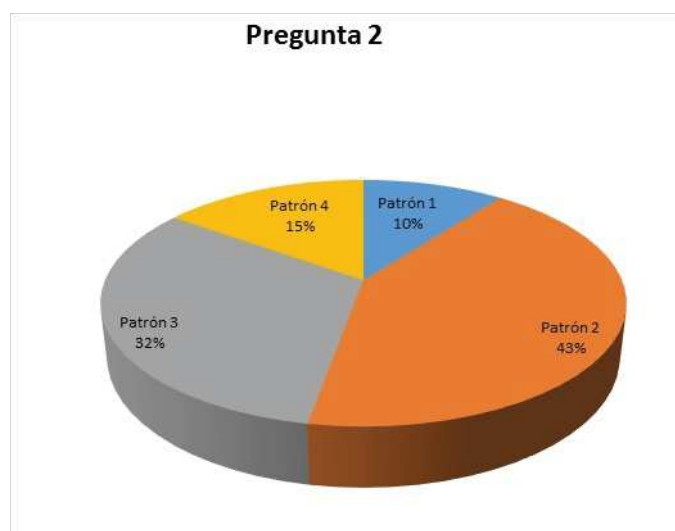


Figura 3-66: Pastel porcentajes de las respuestas en la prueba de salida.

Como se puede observar en los resultados la dispersión disminuyó, lo que no significa que los estudiantes hayan comprendido mejor cómo se forman las imágenes pero sí se puede decir que tienen una idea más clara de qué hacen los lentes con los rayos de luz, ya que, como se puede observar en la respuesta dos, los patrones del uno al tres se aproximan mucho a lo que realmente ocurre en la formación de imágenes con un porcentaje del 85 %.

Capítulo 4

Conclusiones

Los estudiantes lograron identificar en las prácticas de laboratorio correspondientes a la cámara estenopeica y oscura que una metodología optima en el captación de una imagen son aspectos tales como la luminosidad a la cual se encuentra la imagen a captar, tiempo de exposición de la cámara y apertura del estenopo (diafragma).

A partir del análisis de las fotos realizadas con la cámara estenopeica los estudiantes identificaron que las imágenes producidas se encontraban invertidas comprendiendo uno de los principios básicos en la formación de imágenes en las cámaras.

Los estudiantes mediante la captura de imágenes con la cámara oscura identificaron que en la formación de imágenes una de las principales variables es la distancia focal ya que obtuvieron imágenes difusas al aumentar o disminuir la distancia con respecto a la imagen observada, percibiendo que una distancia apropiada generaba una imagen más clara, de tal forma, comprenden el concepto de distancia focal, determinante en la formación de imágenes en las cámaras.

El desarrollo de prácticas de laboratorio que involucren materiales de fácil acceso y bajo costo posibilita el aprendizaje en cualquier entorno socioeconómico ya que no limita el aprendizaje a su nivel económico y por el contrario potencializa la creatividad y el ingenio.

La realización de lentes con materiales reciclables como botellas PET admite una fácil manipulación del material, además permiten comprender conceptos tales como refracción, distancia focal y formación de imágenes, sin embargo, debido a las imperfecciones propias del material, no es posible obtener resultados precisos o de buena resolución en la obtención de una imagen, debido a las imperfecciones propias de los materiales.

Los resultados obtenidos durante los dos años en que se realizó el laboratorio de fabricación de lentes evidenció un error promedio cercano al 4 % para la refracción y un 16 % para el

foco, es decir, una asertividad del 96 % y 84 % en la refracción y determinación del foco respectivamente, lo que es un buen indicador del proceso desarrollado en esta actividad y por tanto representa didácticamente un acierto debido a que los procesos de refracción y determinación del foco puede ser observados con facilidad y por tanto se facilita el aprendizaje de estos conceptos.

La astronomía genera interés y motivación en los estudiantes, lo que permite utilizarla como un mediador en el proceso de aprendizaje y llevar de una manera diferente conceptos físicos y matemáticos a los estudiantes mediante prácticas que puede realizar con materiales de bajo costo.

A través de la construcción de cámaras y lentes con materiales de bajo costo o reciclados, se realizaron tres diferentes prácticas con respecto a la refracción de la luz, formación de imágenes, distancia focal, tiempo de exposición y apertura del diafragma lo cual representa una propuesta alternativa y didáctica en la comprensión de principios básicos de la fotografía y la astrofotografía. Adicionalmente, la didáctica empleada generó en los estudiantes la apropiación del conocimiento como búsqueda de solución a los problemas intrínsecos de la experimentación.

Analizando las diferentes experiencias que se tuvieron durante la construcción y aplicación de las tres actividades se puede observar que es posible realizar actividades sin necesidad de tener equipos avanzados de última tecnología, la enseñanza de conceptos es posible con experiencias cotidianas guiadas.

El trabajo manual en astronomía en los últimos tiempos se ha visto relegado a unos pocos aficionados debido al rápido desarrollo de la tecnología. Sin embargo, el trabajo desarrollado por los estudiantes en la construcción de cámaras evidencian satisfacción al expresar verbalmente su agrado por elaborar con sus propias manos e ingenio instrumentos que cumplen aunque de una manera básica con la labor de un instrumento con piezas tecnológicas más avanzadas como es el caso de la cámara.

Las actividades propuestas junto con las características del contexto como lo son el aspecto socioeconómico de los estudiantes evidenciaron ingenio y agudeza en sus sentidos en pro de dar solución a las dificultades que se les presentaban.

La implementación de propuestas didácticas de este tipo involucra habilidad y precisión en las mediciones realizadas ya que de ello depende desarrollar y observar con éxito los objetivos de la práctica, por tanto, se hace necesario contar con una buena planificación en la ejecución del laboratorio. De esta manera se recomienda que los laboratorios alternativos de este tipo cuenten con un plan de trabajo metódico al igual que la consideración de los errores

implícitos en la fabricación de la materia prima en prácticas de laboratorio.

Bibliografía

- Bautista, L. (2007). Física net. www.fisicanet.com.ar/fisica/ondas/ap14_optica_geometrica.php.
- Calbet, J. and Castelo, L. (1997). *La Fotografía*. Acento editorial.
- Casado, J. and Serra, M. (2009). *Unidad Didáctica Astrofotografía*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, Gobierno de España.
- Dantart, A. (1995). Curso de astronomía: Introducción y ciencias del cosmos. <http://www.astrored.org/iniciacion/CursoAstronomiaAstroRED.pdf>.
- Delgado, R. (2006). Rdf astrofotografía. <http://www.ramon-astronomia.es/>.
- Dino, J. and Molina, A. (1991). *Las ciencias naturales en la escuela*. Investigación en la escuela, Bogota Colombia, número 14 edition.
- Galileo (2009). Galileo teacher training program. <http://galileoteachers.org/>.
- Galvis, A. H. (2004). *Oportunidades Educativas de las TIC*. Metacursos, Buenos Aires Argentina.
- Garzón, C. (1999). Estándares para las pruebas saber. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/19454/1/articulo3-5-5.pdf>.
- Giordan, A. (2002). Enseñar ciencias por la mirada del mundo que ellas permiten. *Revista Novedades Educativas*, (144).
- Gomez, I. (2007). Karlo sosa y la actualidad de la fotografía de principios de siglo xix.
- Grepstad, J. (2016). Photography and texts. <http://home.sol.no/~gjon/>.
- Hecht, E. (1999). *Óptica*. ADDISON-WESLEY, tercera edición edition.
- Killian, J. R. (1964). *Physical Science Study Committee*. Bedout, United States.
- Mazzarella, C. B. (2001). *Vygotsky: Enfoque sociocultural*. Educere, Merida Venezuela.
- Meester, M. A. M. and Kirschner, P. A. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 17(1):81–98.

- MEN (2014). Evaluación diagnóstica. <http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-246644.html>.
- NASE (2009). Network for astronomy school education. <http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/Presentacion.php>.
- Ordoñez, C. L. (2004). Pensar pedagógicamente desde el constructivismo. *Revista de estudios Sociales*, 19:7–12.
- Paolantonio, S. (2009). Educación de la astronomía en la argentina en los niveles primario y secundario. *Actas de Workshop de Difusión y Enseñanza de la Astronomía*, pages 16–22.
- Pereyra, Y. (2015). Estenopeica es fotografía.
- Salinas, J. S. (2000). Enseñanza experimental de la Óptica geométrica: Campos de visión de lentes y espejos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22(2):259–265.
- Sampieri, M. and Hernández, R. (1997). *Metodología de la Investigación*. MCGRAW-HILL.
- Savery, J. R. and Duffy, T. M. (1998). *Problem Based Learning: An Instructional Model and Its Constructivist Framework*. Educational Technology Publications, United States of America, 2 edition.
- Serway, R. and Jewett, J. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna*. Cengage Learning Editores, México, séptima edición edition.
- Tubío, D. (2005). *Formación de Profesionales Reflexivos en Diseño y Comunicación*. XIII Jornadas de Reflexión académico en diseño y comunicación, Buenos Aires, Argentina.
- UNAWA (2007). Universe awareness. [Es.unawe.org](http://es.unawe.org), <http://es.unawe.org/>.
- Vargas, J. C. (2001). El aprendizaje significativo en las enseñanza de las ciencias naturales, y la alfabetización científica y tecnológica. *Educación y Educadores*, pages 13–25.
- Vida, L. (2004). *Cuaderno de Fotografía Pobre*. Mensajería de Cultura.
- Vigotsky, L. (1986). *Thought and language*. Cambridge: The MIT Press, London England.

Apéndice A

Guías propuesta didáctica

A continuación se encuentran las guías propuestas concernientes a la propuesta didáctica expuesta en este trabajo:

1. Construcción cámara estenopeica.
2. Capturas cámara estenopeica.
3. Construcción cámara oscura.
4. Cámara oscura.
5. Construcción lentes.
6. Refracción de la luz.
7. Distancia focal.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ÁREA: CIENCIAS

DOCENTE: Eberth Espitia Suárez
COLEGIO FERNANDO SOTO APARICIO

GUÍA No. 1: CONSTRUCCIÓN CÁMARA ESTENOPEICA

OBJETIVO: Elaborar una cámara estenopeica a partir de material de fácil acceso, en donde el estudiante es el encargado de llevar a cabo su ejecución.

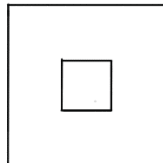
MATERIALES.

- | | |
|-----------------------|--|
| 1. Cartón Cartulina. | 9. Tijeras. |
| 2. Cartulina negra. | 10. Cinta aislante negra. |
| 3. Tempera negra. | 11. Silicona. |
| 4. Lata de refrescos. | 12. Papel Fotográfico para cámara estenopeica. |
| 5. 1 aguja número 7. | 13. Lija Fina. |
| 6. 1 aguja número 14. | |
| 7. Lápiz. | |
| 8. Regla. | |

Recomendación: se debe tener mucha precaución con el uso de las agujas y con la lastas de refrescos cortadas.

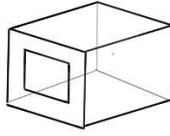
Para la construcción de la cámara estenopeica se debe tener en cuenta todos los implementos y seguir los siguientes pasos:

PASO 1: Recorte el cartón cartulina según las medidas indicadas por el profesor y deben quedar seis rectángulos y una de ellas se le debe llevar una agujero de un centímetro cuadrado es por donde van a entrar la luz como el que se puede observar en la imagen.



Paso 2: Pintar con la tempera negra las dos caras de cada uno de los trozos de cartulina.

Paso 3: Unir con silicona cinco de los trozos para formar una caja la que debe quedar la parte superior despapada luego se tapiza con la cartulina negra, esto se hace para evitar que entre cualquier rayo de luz a la caja.



Paso 4: Con el trozo faltante se hace la tapa para cubrir la caja, hay que recordar que no debe entrar ningún rayo de luz a la caja por lo tanto se deben tomar todas las medidas necesarias para que esta tapa cumpla esta condición.

Paso 5: Se corta la lata para hacer dos trozos de 4 centímetros cuadrados y a uno de ellos se le hace un agujero con la aguja número 7 y al otro con la aguja número 14, se recomienda para hacer la punción poner la lata entre dos pedazos de cartulina para que no se doble la lata y después con una lija muy fina pulir un poco los agujeros y se puede verificar su redondez con una lupa.

Paso 6: Se corta un trozo de cartulina negra de aproximadamente 10 cm por 5 centímetros y se pega a la cara de la caja donde está el agujero de 1 centímetro cuadrado, este trozo de pega con cinta aislante y debe ser fácil pegar y despegarlo ya que este es el que va a permitir el paso de la luz.

Pasó 7: Se asegura en la cara posterior al agujero el papel fotográfico, esto se debe hacer en un cuarto oscuro ya que si no se dañara el papel y se pega con cinta aislante el trozo de lata que va a ser utilizado en la cara donde está el hueco de un centímetro cuadrado.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ÁREA: CIENCIAS

DOCENTE: Eberth Espitia Suárez
COLEGIO FERNANDO SOTO APARICIO

GUÍA No. 2: CAPTURAS CÁMARA ESTENOPEICA

OBJETIVO

Diseñar una actividad experimental que guíe al estudiante hacia la autoconstrucción del concepto de tiempo de exposición y lo relacione con la apertura del estenopo.

MATERIALES

1. Cámara estenopeica.
2. Papel fotográfico.
3. Cuatro tazas donde se pueda introducir la foto.
4. Revelador, fijador y agua.

Para esta práctica se van a hacer varias tomas hasta lograr la adecuada, en cada toma se debe observar las condiciones de luz y de acuerdo a ellas fijar el tiempo que se va a quitar la cartulina que está tapando el paso de luz (Obturador). Después de lograr una buena captura se debe cambiar de estenopo.

Cada que se realice una toma se deben tomar los siguientes datos:

Tiempo de exposición: Es el tiempo que se deja que entre luz a la cámara.

Condiciones de luz: Se refiere a las condiciones climáticas que encontramos para hacer la toma, por ejemplo:



Nublado



Parcialmente Nublado



Parcialmente Soleado



Soleado

Estenopo 2

[illegible][illegible]

Revelado de las fotos

El revelado se debe realizar en el cuarto oscuro donde solo se utiliza una luz roja tenue, según las condiciones que se tengan en el cuarto oscuro se deben seguir las siguientes indicaciones:

Si se tiene un lugar para realizar un lavado de las fotos se realiza el siguiente procedimiento:

Paso 1: e debe introducir la foto en el revelador, de manera uniforme y el lado del papel que es sensible a luz debe quedar hacia arriba para que se pueda observar el revelado de la fotografía, se debe dejar aproximadamente 7 minutos o el tiempo que el profesor lo indique.

Paso 2: Se retira la foto del líquido revelador y se lava con abundante agua para retirar todo el revelador y detener el proceso.

Paso 3: se introduce la foto en el fijador y se deja por aproximadamente siete minutos o el tiempo que el profesor lo indique.

Paso 4: Se retira la foto del líquido fijador y se lava con abundante agua para retirar todo el fijador y detener el proceso, por último, se cuelga la foto para que se pueda secar.



Si no se tiene un lugar para realizar un lavado de las fotos se realiza el siguiente procedimiento:

Paso 1: Se debe introducir la foto en el revelador, de manera uniforme y el lado del papel que es sensible a luz debe quedar hacia arriba para que se pueda observar el revelado de la fotografía, se debe dejar aproximadamente 7 minutos o el tiempo que el profesor lo indique.

Paso 2: Se retira la foto del líquido revelador y se introduce en la cubeta con agua y se mueve con una pinza por aproximadamente dos minutos para retirar todo el revelador y detener el proceso.

Paso 3: se introduce la foto en el fijador y se deja por aproximadamente siete minutos o el tiempo que el profesor lo indique.

Paso 4: Se retira la foto del líquido fijador y se introduce en la cubeta con agua, se mueve con una pinza por aproximadamente dos minutos para retirar todo el fijador y detener el proceso, por último, se cuelga la foto para que se pueda secar.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ÁREA: CIENCIAS

DOCENTE: Eberth Espitia Suárez
COLEGIO FERNANDO SOTO APARICIO

GUÍA No. 3: CONSTRUCCIÓN CÁMARA OSCURA

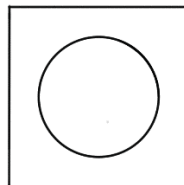
OBJETIVO: Elaborar una cámara oscura a partir de material de fácil acceso, en donde el estudiante es el encargado de llevar a cabo su ejecución.

MATERIALES.

- | | |
|----------------------|---|
| 1. Cartón Cartulina. | 9. Bisturí |
| 2. Cartulina negra. | 10. 30 Centímetros tubo PVC de 3 pulgadas |
| 3. Tempera negra. | 11. Papel Mantequilla |
| 4. Lápiz. | 12. Alambre dulce |
| 5. Regla. | 13. Cinta métrica. |
| 6. Tijeras. | |
| 7. Silicona. | |
| 8. Lupa | |

Para la construcción de la cámara oscura se debe tener en cuenta todos los implementos y seguir los siguientes pasos:

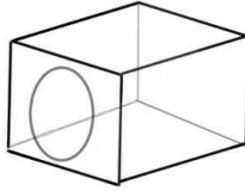
PASO 1: Recorte el cartón cartulina según las medidas indicadas por el profesor y deben quedar cinco rectángulos a uno de ellos se le debe hacer un agujero donde podamos introducir el tubo PVC.



Paso 2: Pintar con la tempera negra las dos caras de cada uno de los trozos de cartulina.

Paso 3: Unir con silicona cinco de los trozos para formar una caja y pegar la lupa a uno de los extremos del tubo PVC

Paso 4: Elaborar una caja donde una de sus tapas sea de papel mantequilla que llamaremos pantalla, esta caja debe ir al interior de la cámara y se debe poder mover fácilmente en su interior.



Paso 5: En unas de las caras de la caja le realizamos un corte con el bisturí, debe ser recto y paralelo a sus lados, luego por este corte aseguramos con alambre dulce aseguramos la caja de papel mantequilla.

Paso 6: Al lado del corte anterior se colocara un sistema de medidas pegando un pedazo de cinta métrica.

Paso 7: Colocamos el tubo de PVC en el hueco de la caja, y para establecer por donde se debe cortar, la pantalla debe estar hacia al otro extremo de la lupa, se apunta la cámara a un objeto que este a más de 50 metros y se mueve el tubo hasta adelante y atrás hasta lograr ver una imagen clara en la pantalla, se marca el tubo PVC y se corta por ese lugar.

Paso 8: Se asegura el tubo PVC con silicona a la caja y luego se puede pintar.

[illegible]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ÁREA: CIENCIAS

DOCENTE: Eberth Espitia Suárez
COLEGIO FERNANDO SOTO APARICIO

GUÍA No. 5: CONSTRUCCIÓN LENTES

OBJETIVO: Elaborar lentes a partir de material de fácil acceso, en donde el estudiante es el encargado de llevar a cabo su ejecución.

MATERIALES.

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Trozo de vidrio de 20 cm x20cm. | 6. Silicona. |
| 2. Botella PET preferiblemente de dos litros. | 7. Metro. |
| 3. Cinta transparente de 4,8mm. | 8. Un metro de pita. |
| 4. Tijeras. | 9. Marcador permanente. |
| 5. Bisturí. | 10. Regla. |
| | 11. Quita esmalte. |

Recomendación: se debe pulir los bordes de los vidrios para evitar posibles cortes.

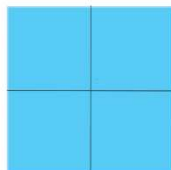
Para la construcción del lente se debe tener en cuenta todos los implementos y seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Se debe retirar de la botella todas las etiquetas y lavar muy bien con agua y jabón de loza, luego secarla y retirar el pegante de las etiquetas con la solución quita esmalte.

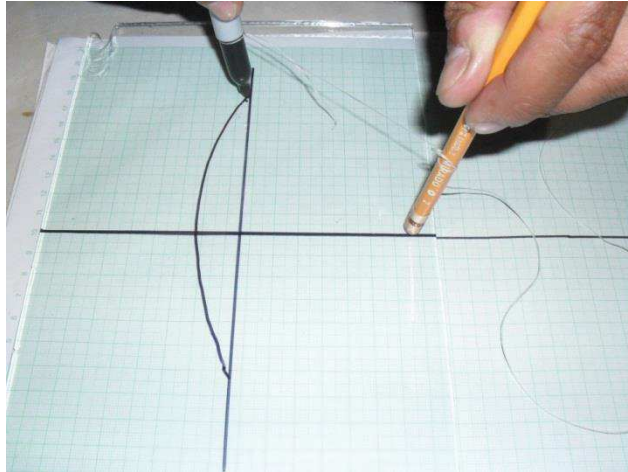
Paso 2: Se debe escoger la mejor parte para ser cortada preferiblemente donde se encontraba la etiqueta y se debe tener en cuenta que no tenga abolladuras.

Paso 3: Con el marcador permanente marcar el lugar por donde se va a cortar la botella debe quedar de una altura aproximada de 15 centímetros, y con el bisturí se le hace los primero cortes y luego se continua con tijeras para asegurase que el corte quede recto.

Paso 4: Con el marcador permanente se divide el vidrio en cuatro partes iguales.



Paso 5: Se amarra la pita al marcador permanente y se traza los círculos con los radios que el profesor lo indique.



Paso 6: Se asegura con la cinta la botella al vidrio por los bordes que trazamos en el paso anterior y le ponemos silicona entre el vidrio y el plástico de la botella en una buena cantidad para asegurarnos que si se le pone algún fluido no se escape y se deja secar por dos horas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ÁREA: CIENCIAS

DOCENTE: Eberth Espitia Suárez
COLEGIO FERNANDO SOTO APARICIO

GUÍA No. 6: REFRACCIÓN DE LA LUZ

OBJETIVO

Diseñar una actividad experimental que guíe al estudiante hacia la autoconstrucción del concepto de Refracción de la luz.

MATERIALES

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. Lente construido. | 4. Agua y alcohol etílico. |
| 2. Transportador. | 5. Marcador permanente. |
| 3. Marcador permanente. | 6. Laser. |

En esta práctica se va a tomar el centro del lente y en ese lugar se va a trazar varios ángulos desde los cuales va a ser se va a apuntar con el láser al lente como se puede observar en la figura 1

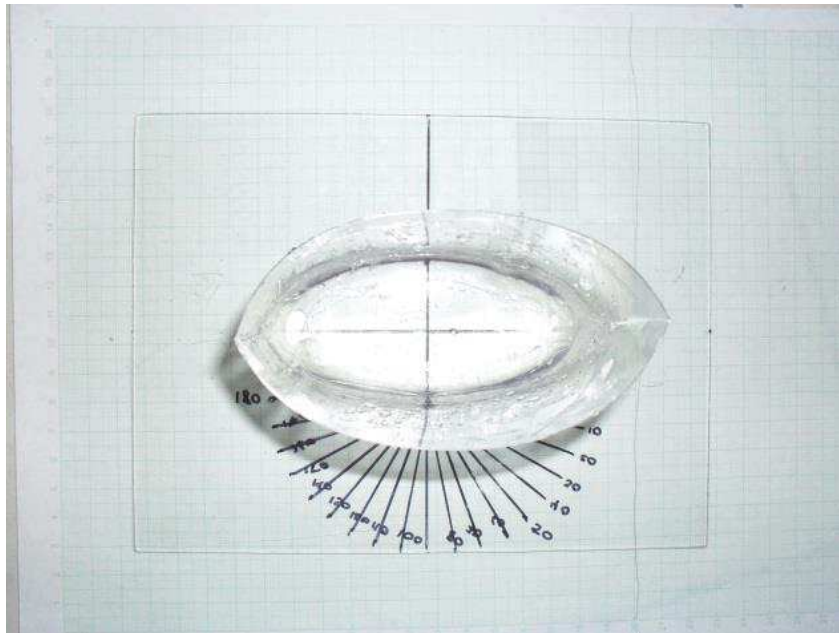
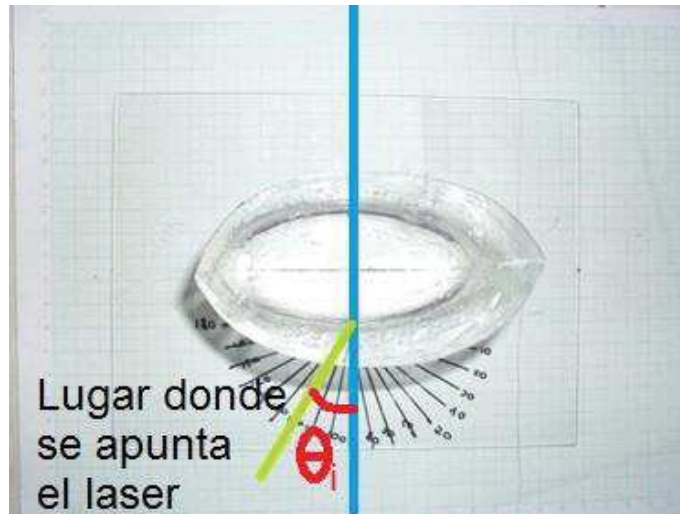


Figura 1. Trazado de ángulos desde donde se va a apuntar el láser.



Experiencia con Agua

| Angulo Derecha | Incidente | Angulo Refractado | Angulo Izquierda | Refractado |
|----------------|-----------|-------------------|------------------|------------|
| 20° | | | 20° | |
| 30° | | | 30° | |
| 40° | | | 40° | |
| 50° | | | 50° | |
| 60° | | | 60° | |

Para hallar el índice de refracción del fluido del lente se utiliza la ley de Snell,

$$n_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

| Angulo | Índice de refracción Derecha | Índice de refracción Izquierda |
|--------|------------------------------|--------------------------------|
| 20° | | |
| 30° | | |
| 40° | | |
| 50° | | |
| 60° | | |

Promedio Índice de refracción=

Experiencia con Alcohol Etílico.

| Angulo Incidente Derecha | Angulo Refractado | Angulo Incidente Izquierda | Angulo Refractado |
|--------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| 20° | | 20° | |
| 30° | | 30° | |
| 40° | | 40° | |
| 50° | | 50° | |
| 60° | | 60° | |

Para hallar el índice de refracción del fluido del lente se utiliza la ley de Snell,

$$n_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

| Angulo | Índice de refracción Derecha | Índice de refracción Izquierda |
|--------|------------------------------|--------------------------------|
| 20° | | |
| 30° | | |
| 40° | | |
| 50° | | |
| 60° | | |

Promedio Índice de refracción=

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ÁREA: CIENCIAS

DOCENTE: Eberth Espitia Suárez
COLEGIO FERNANDO SOTO APARICIO

GUÍA No. 7: DISTANCIA FOCAL

OBJETIVO

Diseñar una actividad experimental que guíe al estudiante hacia la autoconstrucción del concepto de distancia focal.

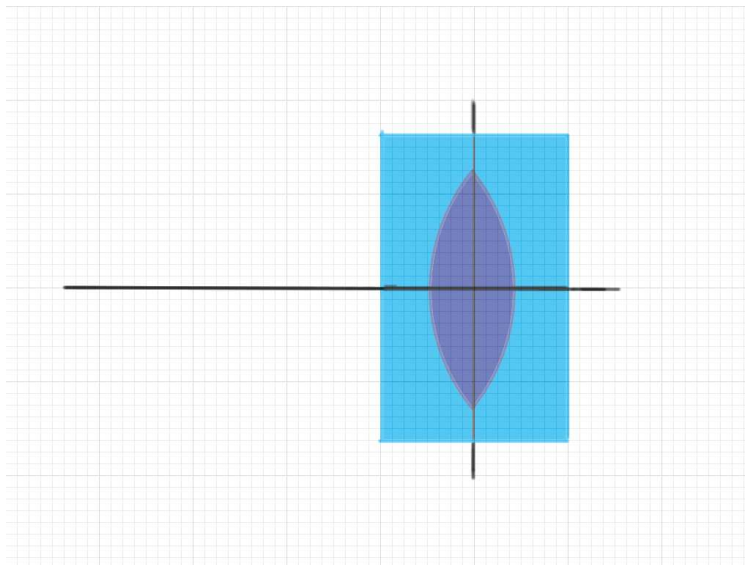
MATERIALES

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1. Lente construido. | 5. Laser. |
| 2. Marcador permanente. | 6. Hoja milimetrada. |
| 3. Agua y alcohol etílico. | |
| 4. Marcador permanente. | |

En esta práctica se hallara el Punto donde se reúnen los rayos de luz del lente, y para ello seguiremos los siguientes pasos:

Paso 1: Tomar horizontalmente la hoja milimetrada y trazar un línea por la mitad.

Paso 2: Ubicar el lente sobre la hoja milimetrada de forma que quede alineado con la línea trazada anteriormente como se puede observar en la anterior figura como se puede observar en la imagen.



Paso 3: llenar el lente con el fluido a trabajar.

Paso 4: marcar en la hoja milimetrada los puntos de los cuales desde donde se va a apuntar con el láser al lente, se deben escoger diez puntos.

Paso 5: Apuntar al lente de forma que el haz del láser sea paralelo a la línea que se trazó en la hoja milimetrada y marcar donde el haz corta esta línea después del lente como se puede observar en la imagen.

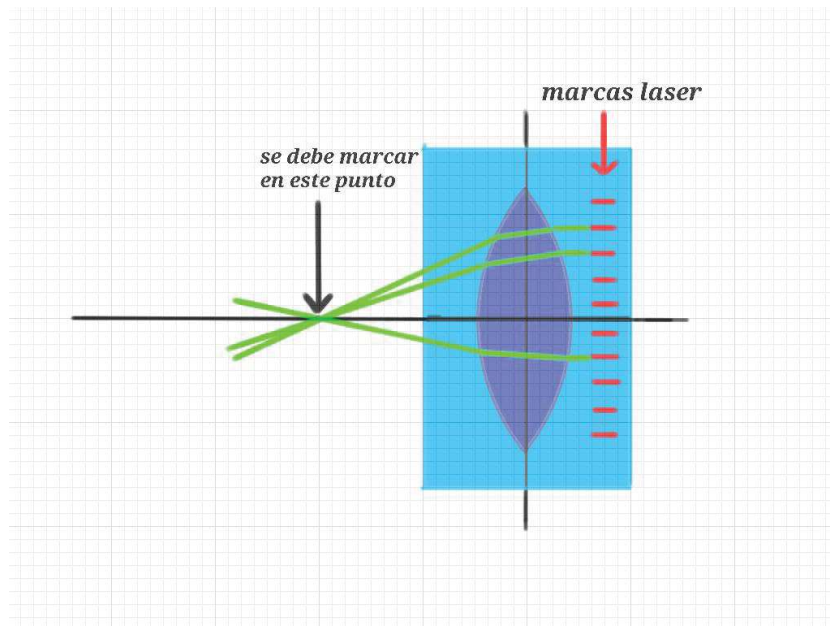


Imagen rayo cortando eje óptico

| | |
|----------------|-----------|
| Distancia (cm) | 6. |
| 1. | 7. |
| 2. | 8. |
| 3. | 9. |
| 4. | 10. |
| 5. | Promedio= |

Para hallar el foco teórico se utiliza la ecuación

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Apéndice B

Socialización de resultados

Con el fin de dar a conocer el trabajo realizado de esta propuesta didáctica, se realizó la socialización en diferentes escenarios y bajo distintas modalidades las cuales se mencionan a continuación:

- X Feria de astronomía del Planetario de Bogotá, 28 al 30 de Septiembre de 2016, ponencia en modalidad oral “Unidad didáctica para la enseñanza de conceptos básicos de astrofotografía”.
- Foro local de la secretaria de educación de Bogotá, 24 de Septiembre 2015, ponencia modalidad oral “La astronomía como eje transversal para la formación de ciencias”.
- IX Feria de astronomía del Planetario de Bogotá, 22 al 25 de septiembre 2015, ponencia modalidad oral “Lentes con materiales de bajo costo y reciclados para la enseñanza de Óptica geométrica”.
- Iniciativas Juveniles Alcaldía Local de Kennedy, 28 de Agosto 2014, ponencia modalidad oral “Astronomía como herramienta de integración social”.